

RAPPORT SCIENTIFIQUE

Production et utilisation de l'avoine fourragère (*Avena strigosa*
et *Avena sativa*) au nord du Vietnam : une solution pour
résoudre le déficit fourrager en hiver

(Proposition pour la prise en compte de l'avoine fourragère dans la liste officielle d'espèces
fourragères du Vietnam)

Paulo Salgado¹, Lê Hoà Bình², Vũ Chí Cương², Trần Văn Thủ¹ et Nguyễn Thị Hoa Lý¹

¹ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), France ;

² Institut National de l'Élevage (NIAH), Vietnam

RESUME	6
I. INTRODUCTION	7
CONTEXTE	
OBJECTIFS DES ESSAIS ET DU RAPPORT	
II. MATERIEL ET METHODES	10
II.1 DESCRIPTION DES ESPECES FOURRAGERES D'AVOINE	10
Classification botanique	
Origine	
Caractères morphologiques	
Utilisation	
Type de sols et climat	
Maladies et parasites	
II.2 ESSAIS FOURRAGERS EN MINI PARCELLES	13
Dispositif expérimental	
Protocole technique et variables étudiées	
Mesures et prises d'échantillons	
II.3 ESSAIS FOURRAGERS DE MOYENNE DIMENSION CHEZ LES ELEVEURS	18
Dispositif expérimental	
Protocole technique	
Mesures et suivi des productions	
II.4 ESSAIS D'ALIMENTATION <i>IN VIVO</i>	21
Animaux et aliments	
Protocole expérimental	
Mesures et prises d'échantillons	
II.5 COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR NUTRITIVE DES ALIMENTS	25
Préparation des échantillons	
Analyses de laboratoire	
Prédictions des données par SPIR	
II.6 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES	27
III. RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSION	28
III.1 PROTOCOLE TECHNIQUE	29
Préparation de la terre et semis	
Fertilisation de fond et irrigation	
Contrôle des mauvaises herbes et protection contre les animaux	
Coupe des fourrages et fertilisation d'entretien	
Distribution des fourrages aux animaux	
Production et récolte des graines	
III.2 PRODUCTION FOURRAGERE	38
Caractéristiques des sols	
Données climatiques	
Adaptation des espèces et détection de maladies	
Potentiel de production	

III.3 QUALITE DES FOURRAGES	55
Composition chimique	
Valeur nutritive	
III.4 PRODUCTION DE GRAINES	60
Potentiel reproductif et essais en cours	
Détection de maladies	
III.5 ESSAIS D'ALIMENTATION <i>IN VIVO</i>	64
Quantités d'aliments ingérées	
Production de lait et état corporel des vaches laitières	
Coût de l'alimentation et efficacité économique partielle	
III.6 EVALUATION ET ADOPTION DES FOURRAGES	75
Opinion des éleveurs	
Nombre d'éleveurs et surfaces cultivées	
III.7 COUTS DE PRODUCTION	80
IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	83
V. REMERCIEMENTS	85
VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CONSULTEES	87
ANNEXES	88

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES

ADF : *Acid Detergent Fiber*

ADL : *Acid Detergent Lignin*

C : Carbone

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

DURAS : Développement Durable dans les systèmes de Recherche Agricole du Sud (Projet)

EB : Energie Brute

ETSP : *Extension and Training Support Project* (Projet)

MARD : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

MS : Matière Sèche

MV : Matière Verte

N : Nitrogène (Azote)

NDF : *Neutral Detergent Fiber*

NIAH : *National Institute of Animal Husbandry*

NPK : Engrais composé Azote Phosphore Potassium

PCP PRISE : Pôle de Compétences en Partenariat – Recherche sur l'Intensification des Systèmes d'Élevage

PDI : Protéine Digestible dans l'Intestin

PDIA : Protéine Digestible dans l'Intestin d'origine Alimentaire

PDIM : Protéine Digestible dans l'Intestin d'origine Microbienne

SPIR : Spectrophotométrie en Proche Infra Rouge

TRANS ADD : Transformations de l'élevage et dynamiques des espaces, Agriculture et Développement Durable (Projet)

UFL : Unité Fourragère Lait

VBDP : *Vietnam Belgium Dairy Project* (Projet)

VND : Vietnam Dong (1 € ≈ 23 000 VND)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques et paramètres de production des groupes expérimentaux	22
Tableau 2. Composition moyenne de la ration alimentaire des groupes expérimentaux au début de l'essai	23
Tableau 3. Effets de la date de semis sur la production des fourrages d'avoine <i>strigosa</i> (province de Hanoi)	30
Tableau 4. Effets de la densité de semis sur la production des fourrages d'avoine <i>strigosa</i> (province de Hoa Binh)	30
Tableau 5. Effets de l'utilisation d'azote organique sur la production des fourrages d'avoine <i>strigosa</i> (province de Hanoi)	32
Tableau 6. Effets de l'irrigation sur la production des fourrages d'avoine (provinces de Son La et de Hoa Binh)	33
Tableau 7. Effet de l'intervalle entre deux coupes successives sur la production des fourrages d'avoine <i>strigosa</i> (province de Hoa Binh)	34
Tableau 8. Effet de la fertilisation azotée de couverture sur la production des fourrages d'avoine <i>strigosa</i> (province de Hoa Binh)	35
Tableau 9. Principales caractéristiques chimiques des sols des régions expérimentales (moyenne des deux horizons et de plusieurs sites/district)	40
Tableau 10. Adaptation des espèces tempérées et mélanges fourragers	45
Tableau 11. Informations techniques et potentiel productif des fourrages dans chaque région expérimentale (essais en mini parcelles)	49
Tableau 12. Informations techniques et potentiel productif des fourrages dans chaque région expérimentale (essais chez les éleveurs)	52
Tableau 13. Composition chimique des échantillons de fourrage (valeurs moyennes)	57
Tableau 14. Valeur nutritive des échantillons de fourrage (valeurs moyennes)	59
Tableau 15. Résultats moyens du potentiel reproductif des fourrages tempérés	61
Tableau 16. Composition moyenne de la ration alimentaire des groupes expérimentaux pendant l'essai	66
Tableau 17. Apports nutritifs de la ration de base	68
Tableau 18. Production de lait pendant la période expérimentale (8 semaines)	70
Tableau 19. Variations de poids vif pendant la période expérimentale	73
Tableau 20. Nombre d'éleveurs et surfaces cultivées par province	78
Tableau 21. Coûts de production (1 ha) pour l'avoine <i>strigosa</i> au nord du Vietnam	81
Tableau 22. Coûts alimentaires, énergétiques et protéiques des aliments à Moc Chau	82

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Dessin de la plante d'avoine	10
Figure 2. Panicule de l'avoine	11
Figure 3. Schéma d'un cadrat expérimental	15
Figure 4. Données climatiques mensuelles des régions expérimentales	42/43
Figure 5. Courbe de lactation pendant la période expérimentale (8 semaines)	71
Figure 6. Images numériques d'une vache laitière du groupe Avoine et une autre du groupe Control	73
Figure 7. Opinion des éleveurs	77
Figure 8. Nombre d'éleveurs et surfaces cultivées par année	79

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Distribution géographique et nombre de sites des essais en mini parcelles	88
Annexe 2. Distribution géographique des essais de moyenne dimension, nombre d'éleveurs et surfaces cultivées	89
Annexe 3. Fiche technique sur la production de l'avoine <i>strigosa</i> (outil d'information et de vulgarisation)	90
Annexe 4. Données individuelles des caractéristiques productives des vaches laitières de chaque groupe expérimental	91
Annexe 5. Données sur la composition des rations alimentaires au début de la période expérimentale (kg/jour)	92
Annexe 6. Production fourragère et de graines et valeur nutritive des espèces tempérées et mélanges fourragers lors des premiers essais en mini parcelles (2003/2004)	93
Annexe 7. Données sur la composition des rations alimentaires pendant la période expérimentale (kg/jour)	94
Annexe 8. Prix des aliments à Moc Chau et calcul du coût des rations expérimentales	95

RESUME

L'élevage des bovins exige une disponibilité en fourrages de bonne qualité pour répondre aux besoins alimentaires des animaux. Au nord du Vietnam la pénurie de fourrages, notamment en saison hivernale, est actuellement un facteur limitant au développement des bovins. Une solution alternative pourrait être l'utilisation d'espèces fourragères tempérées adaptées aux températures fraîches. Depuis près de cinq années, un groupe de chercheurs¹ a mis en place chez des éleveurs de sept provinces du nord Vietnam des essais fourragers et d'alimentation in vivo pour déterminer les potentialités fourragères de l'avoine.

Les résultats expérimentaux obtenus ont montré que deux espèces d'avoine, *Avena sativa* et *Avena strigosa*, sont bien adaptées aux conditions agro-climatiques de cette région du pays. La production fourragère totale est de l'ordre de 60 tonnes de matière verte/ha (10 tonnes matière sèche/ha), mais avec des différences significatives entre les régions, selon la qualité des sols et le niveau de la gestion technique des éleveurs. La valeur nutritive des fourrages d'avoine est élevée, les plantes étant riches en protéine (19%), en énergie (4 300 kcal) et ayant une teneur en fibres faible (27%). Les fourrages d'avoine sont bien appréciés par les vaches laitières avec une excellente ingestion et une haute digestibilité. L'utilisation d'avoine dans la ration permet une production de lait plus régulière tout au long de la lactation. Le coût énergétique et protéique des fourrages d'avoine est nettement plus faible par rapport aux autres alternatives alimentaires utilisées par les éleveurs (aliment concentré et ensilage de maïs). Même si certains résultats de production de graines sont intéressants (2 500 kg/ha), les observations ne sont pas encore conclusives dans ce domaine et des recherches sont en cours pour améliorer le protocole technique.

La majorité des éleveurs ayant utilisé l'avoine pendant la saison hivernale sont très satisfaits des potentialités de cette ressource fourragère. Le nombre d'éleveurs adhérents participant aux essais (600), et les surfaces allouées par eux aux nouvelles espèces fourragères tempérées (160 ha), sont considérés comme de bons indicateurs des possibilités d'adoption de la technique au nord du Vietnam.

L'utilisation des fourrages d'avoine en hiver pouvant améliorer l'efficacité et la rentabilité de l'élevage des vaches laitières au Vietnam, il est recommandé d'intégrer l'avoine dans la liste officielle des espèces fourragères du pays. D'autres actions de recherche restent à mettre en place pour déterminer les meilleures régions de production, tester la production conjointe de fourrages tropicaux et tempérés sur la même parcelle, et pour définir le meilleur protocole technique de production locale de graines.

¹ De l'Institut National d'élevage (NIAH) et du centre français de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) au sein du dispositif PCP PRISE

I. INTRODUCTION

Au Vietnam l'agriculture joue un rôle économique et social très important avec une participation à hauteur de 20% du PIB (Produit Intérieur Brut) et l'emploi de 75% de la population active. L'élevage est un secteur en pleine croissance due à une augmentation continue de la demande nationale pour les produits animaux. Ceci est le résultat de la croissance démographique, de l'augmentation générale du niveau de vie mais aussi de la croissance urbaine qui entraîne un changement des habitudes de consommation. Le développement de l'élevage des bovins pour la production de viande et de lait fait partie des stratégies politiques du gouvernement Vietnamien vu son potentiel en terme de créations d'emploi et d'augmentation des revenus des paysans. Le gouvernement souhaite aussi diminuer la dépendance du Vietnam vis-à-vis des importations de viande et de lait. Des plans nationaux pour le développement de l'élevage de bovins (production de lait et de viande) ont ainsi été mis en place récemment par le gouvernement Vietnamien.

L'élevage des bovins exige une importante disponibilité en terres agricoles pour la production de fourrages. En effet, les fourrages cultivés, comme l'herbe à éléphants (*Pennisetum purpureum*) ou l'herbe de Guinée (*Panicum maximum*), représentent la base de la ration alimentaire des bovins au Vietnam et dans beaucoup d'autres régions tropicales du monde. Actuellement, la faible disponibilité en terres agricoles pour la production fourragère, notamment dans les zones de delta, reste une difficulté majeure au développement de l'élevage des ruminants au Vietnam. La forte pression de l'urbanisation et de l'industrialisation sur l'occupation des terres agricoles pose des vraies questions sur l'avenir de la production de ruminants en zone périurbaine. Une des solutions envisagées passe par l'intensification de la production fourragère par unité de surface, non seulement en termes quantitatifs (kg de fourrage produit par m²) mais aussi en termes qualitatifs avec une amélioration nette de la qualité nutritive des fourrages utilisés actuellement. Des nouvelles variétés de fourrages plus productives et de meilleure valeur nutritive sont disponibles dans le marché national et international et devront être mis à disposition des éleveurs de façon concertée selon un plan national de développement fourrager.

Dans la partie nord du pays, les éleveurs sont confrontés à un problème supplémentaire pour l'alimentation des animaux. La période hivernale (ou saison sèche) est accompagnée d'un déficit fourrager très important. La durée de la période de déficit fourrager est variable selon la localisation de la région : elle varie de 3 à 4 mois (décembre à mars) dans les zones

de delta ou zones de faible altitude mais elle peut aller jusqu'à 5 à 6 mois (octobre à mars) dans les régions de montagne. Le principal facteur responsable pour le déficit fourrager en hiver est la diminution de la température ambiante. Les plantes fourragères tropicales sont adaptées aux températures élevées de l'ordre de 30 à 35°C et sont très sensibles à la diminution de la température de l'air. En effet, quand la température moyenne de l'air est inférieure à 15°C, les plantes fourragères tropicales, comme l'herbe à éléphants (*Pennisetum purpureum*), l'herbe de Guinée (*Panicum maximum*), les *Brachiarias*, etc. diminuent ou arrêtent leur croissance et passent par une période de « dormance » sans production de matière végétale. Confrontés avec le problème du déficit fourrager en hiver, les éleveurs sont obligés à trouver d'autres ressources alimentaires pour nourrir les animaux. Les fourrages conservés comme l'ensilage de maïs et le foin sont largement utilisés dans certaines régions du pays mais les techniques de conservation des fourrages méritent d'être améliorées. Les sous-produits agro-industriels comme la paille de riz, les déchets de manioc, la mélasse, etc. ainsi que l'utilisation d'herbes naturelles (de faible valeur nutritive) trouvées dans la forêt complètent, dans beaucoup de régions, le système d'alimentation en place. Cependant, dans la majorité des cas, les ressources alternatives sont insuffisantes pour satisfaire les besoins des animaux et les éleveurs observent une dégradation importante de l'état corporel des bovins et par conséquent une réduction drastique de leur potentiel de production (lait et/ou viande). Si le déficit alimentaire persiste pendant une période plus longue, la capacité reproductive de l'animal et son état de santé sont également affectés avec des conséquences économiques très importantes. Les éleveurs qui possèdent des animaux en production pendant la période d'hiver, par exemple des vaches laitières en pleine lactation, ou les éleveurs qui souhaitent avoir des animaux avec un poids vif plus élevé pour la commercialisation au moment des festivités du TET (janvier/février), sont obligés d'utiliser grandes quantités d'aliment concentré pour nourrir les animaux. D'un point de vue économique, ainsi que pour la santé des animaux, l'utilisation excessive d'aliment concentré n'est pas conseillée. Une solution alternative pour la production de fourrages en période d'hiver serait l'utilisation de plantes fourragères adaptées aux températures fraîches (de l'ordre des 15°C). Dans les pays à climat tempéré, plusieurs espèces fourragères produisent de grandes quantités d'herbe de très bonne qualité nutritive avec des températures moyennes de l'air de l'ordre des 5°C. En conséquence, l'introduction d'espèces fourragères tempérées dans la région nord du Vietnam semblait être une bonne alternative pour résoudre le déficit fourrager en hiver.

Depuis près de cinq années, un groupe de chercheurs de l'Institut National d'élevage (NIAH) et du centre français de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) a mis en place dans plusieurs provinces au nord du Vietnam de nombreux essais fourragers avec des espèces tempérées ainsi que des essais d'alimentation *in vivo* avec les fourrages tempérés. Les premiers objectifs des chercheurs ont été (1) d'étudier l'adaptation de plusieurs espèces fourragères tempérées aux conditions agro climatiques des régions du nord Vietnam, (2) de déterminer le potentiel de production en hiver et la qualité nutritive des fourrages tempérés, ainsi que (3) d'évaluer le potentiel de production de graines localement. Ces objectifs visaient dans une première phase à sélectionner les espèces fourragères meilleures adaptées aux conditions du pays. Dans une deuxième phase des travaux, les objectifs des chercheurs ont été (a) de déterminer le meilleur protocole technique (densité de semis, fertilisation, intervalle entre coupes, irrigation, etc.) adapté aux conditions spécifiques vietnamiennes et (b) d'accompagner l'adoption et/ou l'appropriation de l'innovation technique par les éleveurs. Cette deuxième phase visait à confirmer, à améliorer et à vulgariser les résultats scientifiques acquis pendant les premières années de l'étude.

Ce rapport scientifique a pour objectif de présenter les principaux résultats et de discuter les potentialités d'utilisation des espèces fourragères tempérées comme étant une solution efficace, parmi d'autres, pour résoudre le déficit fourrager hivernale au nord du Vietnam.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1 DESCRIPTION DES ESPECES FOURRAGERES D'AVOINE

L'avoine est une plante annuelle appartenant au genre *Avena*, cultivée comme céréale ou comme fourrage et utilisée principalement dans l'alimentation animale. Les parties utiles de la plante sont les grains et/ou le son, les feuilles et/ou la paille. La plante d'avoine se caractérise par son inflorescence en panicule (Figure 1).

▪ Classification botanique

Règne : *Plantae*
Division : *Magnoliophyta*
Classe : *Liliopsida*
Ordre : *Cyperales*
Famille : *Poaceae*
Sous-famille : *Pooideae*
Tribu : *Aveneae*
Genre : *Avena*

Espèce : *sativa* L. 1753
Variété : Boa-Fé et Swan
Nom commun : avoine cultivée
Nom anglais : *common oat*

Espèce : *strigosa* Schreb.
Variété : Saia
Nom commun : avoine noire
Nom anglais : *black oat*



Figure 1. Dessin de la plante d'avoine

▪ Origine

L'ancêtre sauvage de l'avoine est l'*Avena sterilis* hexaploïde. L'évidence génétique prouve que des formes héréditaires d'*Avena sterilis* se développent encore dans certaines régions fertiles du Proche Orient. Il semble que l'avoine ait été domestiquée relativement tard, dans l'âge du bronze en Europe. Le genre *Avena* comprend une quinzaine d'espèces² originaires de l'Europe du nord, Asie (Chine) et Afrique (Éthiopie). Elle est aujourd'hui cultivée dans les régions tempérées du monde, principalement en Russie, au Canada, aux États-Unis et en

² Principales espèces : *Avena abyssinica* ; *Avena barbata* ; *Avena brevis* ; *Avena fatua* ; *Avena maroccana* ; *Avena nuda* ; *Avena occidentalis* ; *Avena pubescens* ; *Avena pratensis* ; *Avena sativa* ; *Avena spicata* ; *Avena sterilis* ; *Avena strigosa*

Pologne. Certaines espèces d'avoine sont aussi utilisées dans les régions tropicales et subtropicales.

- Caractères morphologiques

L'avoine est une plante de grande taille et de port dressé, de 90 à 150 centimètres de hauteur mesurés à partir de la surface de sol jusqu'au dessus du panicule, et selon les conditions de croissance.

La tige comporte une série de noeuds et d'entre-noeuds, et les feuilles sont alternes. Les lames des feuilles sont plates et nombreuses, d'environ 5 à 20 millimètres de large. Les entre-noeuds sont normalement allongés, au nombre de 4 à 7, et l'entre noeuds supérieur est souvent aussi long que la longueur totale des autres entre-noeuds. À maturité, la tige se termine par une panicule lâche et clairsemée (Figure 2). L'axe principal de la panicule se termine par un seul épillet.

Les ramifications de la panicule sont disposées en groupes alternes le long de l'axe principal, et chacune se termine par un seul épillet. Normalement, la panicule comporte en tout 25 à 75 épillets, selon le génotype

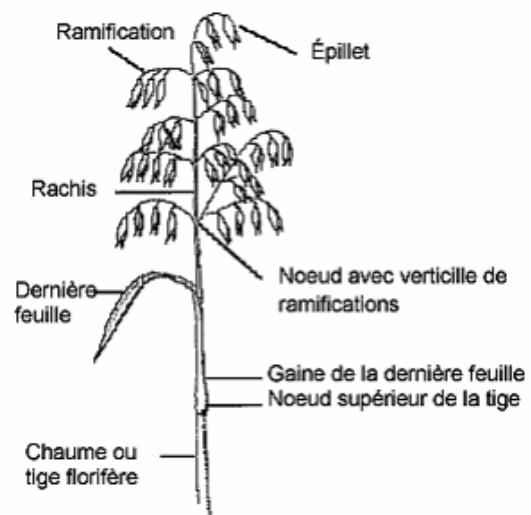


Figure 2. Panicule de l'avoine

et les conditions de croissance. Chaque épillet renferme normalement une à trois fleurs, qui sont enveloppées par les glumes ; le sommet d'une des glumes dépasse légèrement celui de l'autre glume. Généralement, seules les deux fleurs inférieures de chaque épillet sont fertiles, mais il arrive que trois fleurs, ou davantage, soient fertiles. Chaque fleur est parfaite et comporte trois étamines, un pistil et 2 lodicules. La fleur est entourée de deux bractées ou glumelles, le lemma et le paléa, qui constituent l'enveloppe des grains récoltés. L'avoine se reproduit par auto-pollinisation. Le taux de pollinisation croisée dépasse rarement 0,5 %.

Les variétés d'avoine peuvent être divisées en deux groupes selon leur type de panicule (unilatérale ou équilatérale). Les ramifications de la panicule prennent naissance aux noeuds du rachis. Leur base est généralement renflée et couverte de très petits aiguillons ou poils.

- Utilisation

L'avoine a été consommée par l'homme depuis des milliers d'années. L'intérêt pour l'avoine comme aliment bénéfique pour la santé s'est accru depuis les années 1990. En effet,

de nombreuses études ont démontré qu'une fibre particulière de l'avoine, le Beta-D-glucan, a des propriétés régulatrices sur la glycémie et également sur le taux de cholestérol sanguin. De plus les protéines de l'avoine, riches en tryptophane, participent à la production de sérotonine et mélatonine chez l'humain. Les lipides possèdent un taux important de galactolipides, qui pourraient avoir un effet bénéfique sur notre système nerveux. Enfin, l'avoine contient de nombreux anti-oxydants comme les avénanthramides, les tocophérols et les tocotriénols.

L'avoine en grains était autrefois très utilisée pour l'alimentation des chevaux, à cause de son pouvoir excitant, qui stimule les animaux de trait. Sa valeur énergétique est cependant bien moindre que celle du blé ou de l'orge. Comme fourrage, on la cultive seule ou en mélange avec des légumineuses (comme la vesce). Les productions fourragères sont importantes lors de la première coupe, et généralement plus faibles pour les coupes suivantes. Des rendements de fourrage entre 5 à 10 tonnes de matière sèche (MS) sont obtenus dans plusieurs régions du monde.

A part l'alimentation, l'avoine est actuellement utilisée dans certaines régions du monde comme plante de couverture ou encore comme engrais vert. L'avoine est très utile pour prendre et stocker l'excès d'azote et pour lutter contre l'érosion. Elle est aussi très adaptée pour augmenter la matière organique et améliorer la structure de sol. C'est une excellente plante pour supprimer les mauvaises herbes grâce à la croissance et à l'établissement rapide du fourrage. Par ailleurs, les racines de l'avoine contiennent des composés allopathiques et peuvent gêner la croissance des mauvaises herbes pendant quelques semaines.

- Type de sols et climat

L'avoine peut être utilisée dans des sols légers (sableux), moyens (limoneux) et lourds (argileux) et peut se développer dans des sols nutritionnellement pauvres. Cependant, la plante prélève des quantités substantielles d'azote du sol et ceci est particulièrement important pour la qualité et le rendement du fourrage. L'avoine tolère des sols acides, neutres et basiques. La limite de pH varie entre 4,5 et 7,0 mais l'avoine préfère les pH entre 5,5 et 6,5. Elle ne peut pas se développer à l'ombre.

L'avoine est tolérante vis-à-vis du froid et n'est pas affectée par les gels ou la neige. Elle a une plus grande tolérance aux pluies par rapport à d'autres céréales comme le blé, le seigle ou l'orge. Elle exige un sol sec ou partiellement humide et peut tolérer la sécheresse. Elle est très répandue dans les pays tempérés et subtropicaux et largement utilisée pour la production fourragère dans les mêmes régions.

- Maladies et parasites

L'avoine est relativement libre des maladies et des parasites, à l'exception de quelques maladies causant des symptômes localisés sur les feuilles et sur les épis. Les maladies de l'avoine se manifestent notamment par des taches ou anomalies de coloration sur les feuilles, par des infections des racines et de la base de la tige, par un ralentissement de croissance et/ou par des signes sur les épis et les grains. Ces maladies peuvent avoir une origine parasitaire provoquée par des champignons (*Puccinia graminis*, *Septoria avenae*, *Fusarium spp.*, *Ustilago avenae*) ou par des virus (Barley yellow dwarf virus). Dans d'autres cas, un ensemble de facteurs non parasitaires (abiotiques) peut avoir des effets négatifs sur la croissance et peut induire aussi des tâches foliaires. Les carences minérales, comme par exemple la carence en phosphore, favorisent un faible développement des racines ; la tache grise de l'avoine est la conséquence d'une carence en manganèse. L'excès d'eau favorise la pourriture des racines par asphyxie.

Plusieurs méthodes (préventives) existent pour lutter contre les maladies du feuillage afin de minimiser ou de retarder les infections des feuilles (rotation des cultures, semences certifiées, traitement fongicide, etc.).

II.2 ESSAIS FOURRAGERS EN MINI PARCELLES

Les essais fourragers en mini parcelles ont été réalisés dans plusieurs provinces au nord du Vietnam (Annexe 1) et pendant toute la durée du projet (2003/2008). Dans chaque province nous avons sélectionné plusieurs districts et plusieurs communes dans le but d'obtenir une distribution représentative des différents types de sols et de conditions climatiques de cette zone du pays. Des essais ont été mis en place dans les régions de montagne (altitude supérieure à 1 000 m) et d'autres essais ont été installés dans les régions de faible altitude (zone de delta). Certains essais ont été conduits sur les rizières après la récolte du deuxième cycle de production du riz.

Les principaux objectifs des essais en mini parcelles ont été d'évaluer l'adaptation de plusieurs espèces fourragères tempérées aux conditions agronomiques et climatiques spécifiques de chaque région et d'ajuster le protocole technique de production fourragère au contexte agricole du Vietnam (optique agronomique).

- Dispositif expérimental

Un total de 15 espèces ou mélanges fourragers³ a été mis en essai lors de la première année des travaux. Les semences fourragères ont été importées du Portugal (2004, 2005 et 2006) et d'Australie (2006) avec les certificats phytosanitaires correspondants conformément aux autorisations d'importation délivrées par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural du Vietnam (MARD)⁴. Les espèces fourragères testées ont été préalablement sélectionnées selon les caractéristiques chimiques des sols et les conditions climatiques des régions. La quantité et la qualité nutritive des fourrages, la résistance à la sécheresse et aux maladies, le potentiel de production de graines, ainsi que les particularités du protocole technique ont été les principaux critères retenus pour faire la sélection des espèces fourragères. Sur la base des résultats expérimentaux des deux premières années, nous avons sélectionné les deux espèces d'avoine (*Avena sativa* et *Avena strigosa*) comme étant les espèces fourragères les plus adaptées pour cultiver dans la région nord du Vietnam.

D'autre part, les essais en mini parcelles ont permis d'améliorer le protocole technique initial, utilisé dans les pays d'Europe, de façon à l'ajuster aux conditions agronomiques du Vietnam et aux besoins spécifiques des agriculteurs. Ainsi, nous avons mis en place des essais fourragers pour étudier les paramètres de semis (date, densité), de fertilisation (minérale, organique) d'irrigation, de récolte des fourrages (intervalle entre coupes) ainsi que sur la production de graines. La sélection des terrains expérimentaux a été faite par les responsables des districts (ou communes) en concertation avec l'équipe de chercheurs.

En général, un dispositif expérimental (mini parcelle) mesure environ 360 m² et comprend douze mini cadrats de 15 m² (5 m x 3 m) de surface. Dans certains cas, nous avons mis en place des dispositifs expérimentaux plus grands (500 à 2 000 m²) pour étudier plusieurs paramètres techniques sur le même endroit et de façon simultanée. Chaque cadrat était normalement divisé en deux sections similaires adjacentes : une section pour évaluer la production des graines



³ *Avena strigosa*, *Avena sativa*, *Festuca arundinacea*, *Hordeum vulgare*, 3 variétés de *Lolium multiflorum*, *Triticum durum*, 2 variétés de Triticale ; *Medicago sativa*, AVEX, FERTIFENO, SPEED-MIX NORD, SPEED-MIX SUL

⁴ Autorisations d'importation n° : 1115/CV-NN-CN (07/09/2004) ; n° : 875/CV-NN-CN (05/07/2005) ; n° : 541/TT-CLT (19/07/2006) ; n° : 662/TT-CLT (17/08/2006)

et l'autre section pour mesurer la production de matière verte (Figure 3). Pour corriger l'effet de bordure, une marge de 0,5 m autour de la surface de production de matière verte n'a pas été utilisée pour les mesures. Généralement, les espèces fourragères ont été répétées trois fois sur la même parcelle et le placement des répétitions de cadrats a été effectué par tirage aléatoire.

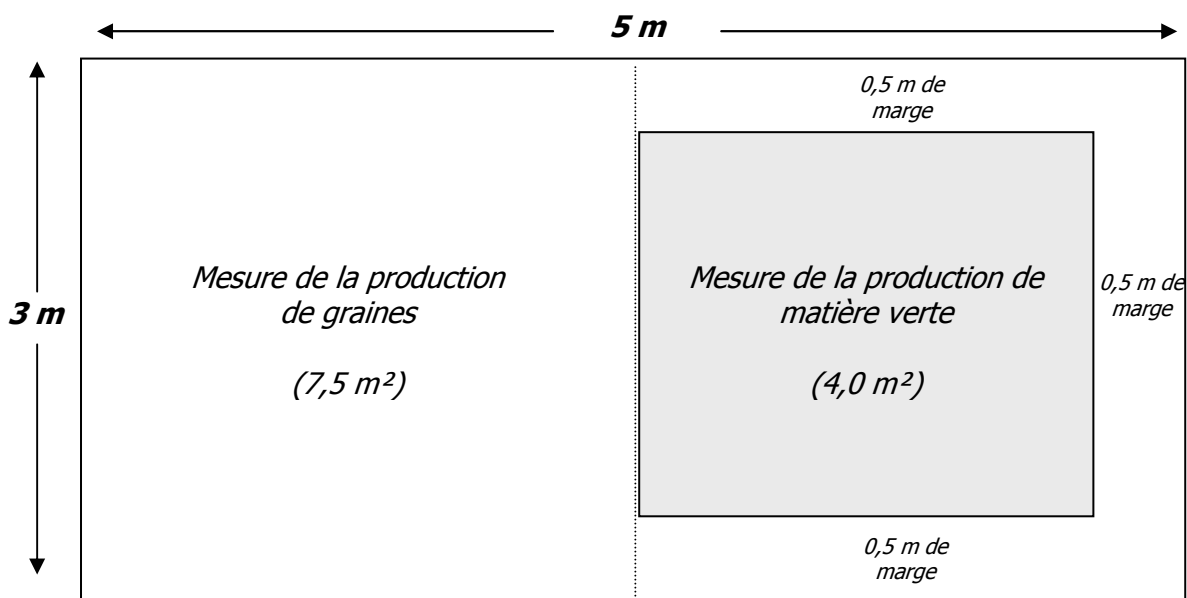


Figure 3. Schéma d'un cadrat expérimental

▪ Protocole technique et variables étudiées

Le protocole technique employé au début des essais a été celui recommandé par la compagnie de commercialisation des graines et utilisé dans certains pays d'Europe (Portugal, Espagne). A partir de la deuxième année des essais avec l'avoine, nous avons ajusté le protocole technique aux conditions agronomiques et climatiques spécifiques du Vietnam.

Préparation du sol et semis

Le sol des parcelles expérimentales a été labouré, les pierres et les bouts de racines ayant été éliminés pour égaliser la surface du sol. Ensuite, la couche superficielle du sol a été finement préparée pour recevoir les graines. Après la préparation du sol, démarcation et identification des cadrats, nous avons procédé à l'opération de semis « à la volée ». De façon à protéger les essais de la présence d'animaux, les dispositifs expérimentaux ont été grillagés.

La date de semis a varié selon les conditions climatiques de la région. Dans les régions montagneuses, l'opération de semis a eu lieu au mois de septembre ; dans les zones de plus faible altitude, le semis a été réalisé au mois d'octobre et novembre. Les densités de semis

pour les espèces d'avoine ont été de 80 kg/ha pour l'avoine *strigosa* et de 120 kg/ha pour l'avoine *sativa*. Dans certaines régions nous avons testée l'effet de la date de semis et l'effet de la densité de semis sur le développement fourrager⁵.

Dates de semis testées : octobre, novembre et décembre.

Densités de semis testées : 40, 60 et 80 kg de graines d'avoine *strigosa*/ha.

Fertilisation

La fertilisation de fond, effectuée au moment du semis, a été similaire pour tous les essais réalisés en parcelles. Nous avons utilisé 30 kg d'azote (N)/ha (sous la forme d'urée⁶), 60 kg de Phosphore (P₂O₅)/ha (sous la forme de thermophosphate⁷) et 60 kg de Potassium (K₂O)/ha (sous la forme de kali⁸). Dans une région du delta (province de Hanoi) nous avons testé l'effet de la fertilisation organique de fond sur le développement fourrager. En ce qui concerne la fertilisation de couverture, effectuée après chaque coupe de fourrage, nous avons testé trois niveaux d'apports azotés⁹.

Fertilisation organique : 0 et 10 tonnes de fumier/ha.

Fertilisation azotée de couverture : 40 kg, 60 kg et 80 kg d'azote/ha.

Irrigation

L'irrigation des cadrats expérimentaux a été effectuée par arrosoir calibré pendant le premier mois des essais, correspondant à la période de germination et d'installation de la culture fourragère. Nous avons utilisé environ 20 litres d'eau/m²/semaine distribué tous les 2-3 jours. Après cette période, les parcelles n'ont pas été irriguées. Cependant, dans certaines régions nous avons testée l'effet de l'irrigation des cadrats sur le développement fourrager pendant toute la période expérimentale.

Irrigation : environ 20 litres/m²/semaine.

Coupe de fourrages

L'opération de coupe des fourrages a été réalisée à l'aide d'une faucille sur une surface de 4,0 m². La première coupe de fourrages a été réalisée 60 jours après la date de semis. Les coupes suivantes ont été réalisées à intervalle de 45 jours. Le nombre de coupes a varié

⁵ La date de semis en octobre et la densité de semis de 80 kg/ha correspondent aux recommandations pour la production d'avoine dans certains pays d'Europe

⁶ L'urée utilisée contient 46% d'azote

⁷ Le thermophosphate utilisée contient 16% P₂O₅

⁸ Le kali utilisée contient 60% de K₂O

⁹ La fertilisation de couverture de 40 kg d'azote/ha correspond a celle recommandé pour la production d'avoine dans certains pays d'Europe

d'un minimum de 2 à un maximum de 5 selon les régions et les années des essais. Dans certaines régions, nous avons testée l'effet de l'intervalle entre coupes sur le développement fourrager.

Intervalle entre coupes : 30, 45 et 60 jours.

Production de graines

Dans tous les essais en parcelles, nous avons conservé une section de chaque cadrat pour évaluer la production des graines et sur laquelle aucune coupe de fourrage n'a été réalisée. Dans une région du delta (province de Hanoi) nous avons testé l'effet de la fertilisation, de l'irrigation et de la protection des cadrats sur la production de graines.

▪ Mesures et prises d'échantillons

Les parcelles expérimentales ont été suivies régulièrement par un responsable local (vulgarisateur ou éleveur) et par l'équipe de recherche. Un dossier avec des fiches de renseignements pour chaque espèce fourragère et pour chaque cadrat a été utilisé pour enregistrer les données à des échéances variables selon le type de mesure. Par ailleurs, lors des coupes régulières de fourrage, une évaluation plus complète sur le développement des plantes, ainsi que des discussions avec les responsables locaux, ont été réalisées. Le suivi et les mesures de terrain ont concerné notamment l'adaptation des espèces aux conditions agronomiques et climatiques des régions, la quantité de fourrage produite (biomasse), ainsi que la production de graines. Les aspects liés à la qualité des fourrages et aux tests de germination des graines ont été réalisés au niveau du laboratoire (cf. section II.5 Composition chimique et valeur nutritive des aliments).

Adaptation des espèces

Nous avons évalué l'adaptation et le comportement des espèces par une série d'observations réalisées tous les dix jours. Nous avons pris des informations détaillées concernant la date de germination des graines, la densité des plantes par unité de surface et le pourcentage de terrain couvert, la vitesse de croissance et l'hauteur moyenne des plantes, la présence de mauvaises herbes et d'insectes, la détection de maladies, la date de floraison des plantes.

Production de fourrage

Les coupes de fourrage ont eu lieu sur une des sections de chaque cadrat. Les plantes ont été coupées à une hauteur du sol d'environ 5 cm. La quantité totale de fourrages

produits sur les 4,0 m² a été pesée à l'aide d'une balance. Ensuite, un échantillon de fourrage vert (500 g) a été prélevé pour être analysé au laboratoire.

Production de graines

Sur l'autre section des cadrats, nous avons mesuré la production de graines de chaque espèce fourragère. A cet effet, lorsque les graines étaient mûres, elles ont été récoltées manuellement, nettoyées pour enlever les impuretés et ensuite pesées pour déterminer la production.

II.3 ESSAIS FOURRAGERS DE MOYENNE DIMENSION CHEZ LES ELEVEURS

Les essais fourragers chez les éleveurs ont été réalisés dans plusieurs provinces au nord du Vietnam (Annexe 2). L'identification des éleveurs pour participer à cette étape de l'expérimentation a été de la responsabilité de l'équipe de recherche en concertation avec les responsables agricoles et vulgarisateurs des comités populaires des districts ou des communes où les essais fourragers ont été réalisés. Dans certains cas, des réunions d'information et de présentation de résultats ont été organisées afin d'identifier des éleveurs intéressés et motivés pour la réalisation des essais fourragers. En complément des essais fourragers chez les éleveurs, et afin d'améliorer les connaissances des éleveurs et des vulgarisateurs agricoles par rapport à la production de fourrages tempérés, plusieurs actions de formation théoriques et pratiques sur la production fourragère ont été organisées au nord du Vietnam. Dans certains cas, les vulgarisateurs des districts ont été, eux-mêmes, responsables d'organiser les actions de formation avec les éleveurs de sa région.

Les principaux objectifs des essais chez les éleveurs ont été de confirmer les résultats de production fourragère obtenus dans les essais en mini parcelles, d'évaluer et accompagner l'adoption de l'innovation technique par les éleveurs dans les conditions de production réelles et calculer le coût de production de l'avoine au Vietnam (optique socio-économique).

▪ Dispositif expérimental

Les essais fourragers avec l'avoine ont été réalisés en plein champ sur une partie de la surface agricole de l'exploitation. La gestion des surfaces des cultures fourragères étant de la responsabilité des éleveurs, le choix des terrains à utiliser pour la production d'avoine et la surface des essais a été fait par eux. L'avoine fourragère étant une culture annuelle avec un cycle de vie de 3 à 6 mois, les éleveurs l'ont utilisée en rotation avec d'autres cultures

annuelles (maïs, légumes, riz, etc.) pendant la saison d'hiver. La surface de terrain dédiée à la production d'avoine dans chaque exploitation variait d'un minimum de 150 m² jusqu'à un maximum de 12 000 m² (1,2 ha). Cette différence était liée premièrement aux disponibilités de terre que chaque éleveur disposait et d'autre part à la motivation et à l'intérêt que ceux-ci portaient à la production fourragère en hiver.



Les espèces fourragères retenues pour les essais chez les éleveurs ont été celles qui ont donnée les meilleurs résultats de développement fourrager dans les essais en mini parcelles (*Avena sativa* et *Avena strigosa*). Dans certaines régions autour de la province de Hanoi, nous avons également testé dans les essais chez les éleveurs un mélange d'espèces fourragère appelé AVEX comprenant deux espèces de graminées (*Avena strigosa* et *Lolium multiflorum*) et deux espèces de légumineuses (*Trifolium* sp. et *Vicia villosa*). Ce rapport concernant uniquement les résultats de production et d'utilisation de l'avoine fourragère au Vietnam, nous allons nous limiter à la présentation synthétique des résultats obtenus avec l'AVEX, notamment ceux correspondant à l'espèce avoine *strigosa* présente dans le mélange.

▪ Protocole technique

Le protocole technique pour les opérations de semis, d'irrigation et de fertilisation, de coupe de fourrages et de récolte des graines a été proposé aux éleveurs par l'équipe de recherche. Ce protocole technique « standard » a été basé sur les résultats acquis lors des essais préliminaires en mini parcelles. Il a été présenté et distribuée aux éleveurs sous forme d'une fiche technique de vulgarisation (Annexe 3). Cependant, nous avons suggéré aux éleveurs d'ajouter leur « savoir faire » et d'adapter le protocole technique initial à leurs habitudes et pratiques pour la production fourragère. Un des objectifs majeurs de cette étape d'expérimentation était précisément d'évaluer l'adoption de l'innovation technique par les éleveurs.

En général, les éleveurs ont labouré le terrain manuellement avec des bêches ou à l'aide d'animaux de trait (bovins ou bubalins). L'opération de semis a été faite par deux méthodes différentes, à la volée ou en ligne, selon les habitudes des éleveurs vis-à-vis le semis d'autres cultures agricoles. Cependant, dans certains cas, la préparation du terrain et le semis n'ont pas été faits de manière convenable, car les éleveurs se sont limités à poser les graines d'avoine à la surface du sol (...). La date de semis des fourrages tempérés a varié selon les

conditions climatiques de chaque région et selon la disponibilité des éleveurs compte tenu des autres activités agricoles de l'exploitation. Globalement, dans les régions montagneuses où les températures fraîches commencent à se faire sentir à partir du mois d'octobre, l'opération de semis a été faite à la fin du mois d'août/début du mois de septembre ; dans les zones de plus faible altitude, le semis a été réalisé au mois d'octobre et novembre. De façon générale, les éleveurs n'ont pas pris de mesures adéquates pour la protection des champs contre l'entrée des animaux en divagation (volailles, porcs, bovins et bubalins).

La fertilisation des fourrages a été effectuée de manière très différente d'une région à l'autre et dans une même région, d'un éleveur à l'autre. Les différences concernent non seulement le nombre de fertilisations effectuées pendant la durée des essais, mais également le type d'engrais apporté par l'éleveur. Certains éleveurs ont suivi de manière plus ou moins précise les suggestions techniques proposées, avec une fertilisation complète (NPK) au moment du semis et des apports réguliers d'azoté après chaque coupe. Cependant, les quantités d'engrais utilisées ont été très variables d'un éleveur à l'autre. Dans certaines régions où l'élevage des bovins est très développé (district de Moc Chau par exemple) les éleveurs ont ajouté de grandes quantités de fertilisant organique (fumier). Néanmoins, nous avons constaté que dans certains cas, les éleveurs n'ont ajouté aucun fertilisant pendant toute la durée de la culture.

L'irrigation des plantes a été très peu suivie par les éleveurs. Les causes sont, tout d'abord, la difficulté technique (et financière) pour arroser une grande surface de terrain. Au nord du Vietnam il n'existe pas encore l'habitude d'utiliser des systèmes d'irrigation par aspersion (entre autres) comme nous observons dans le sud du pays ou dans d'autres pays de la région. Deuxièmement, les disponibilités en eau dans les barrages ou dans les réservoirs des exploitations sont faibles car cette période de l'année correspond à la saison sèche. Malgré cela, certains éleveurs ont fait preuve d'ingéniosité pour irriguer leur champ d'avoine pendant toute la durée des essais.

L'opération de coupe des fourrages n'a pas été la même dans toutes les régions. L'intervalle entre coupes et en conséquence le nombre de coupes réalisées a été différent d'un éleveur à l'autre. Certains éleveurs ont pratiqué des intervalles entre coupes très rapprochés (30 jours), d'autres ont utilisé des intervalles très longs (80 jours ou plus). Ainsi, le nombre total de coupes réalisées par les éleveurs a été très variable. En moyenne, les éleveurs ont coupé 2 à 3 fois les plantes d'avoine sur un cycle de vie des plantes d'environ 150 jours. Néanmoins, nous avons observé que certains éleveurs ont réussi à faire cinq périodes de coupe de fourrages sur une durée de vie de la plante supérieure à 200 jours.

Certains éleveurs ont aussi consacré une partie de leur terrain pour la production de graines.

- Mesures et suivi des productions

Nous avons récolté le plus possible d'informations sur le développement et la production des fourrages chez les éleveurs. Un des objectifs de cette étape de l'expérimentation était de confirmer les résultats que nous avons obtenus dans les essais réalisés en mini parcelles. Ainsi, nous avons mis en place un système de suivi régulier et de mesure de la quantité de fourrage (et de graines) produites au niveau de l'exploitation. Ce travail de suivi a été réalisé en étroite concertation avec les vulgarisateurs agricoles locaux qui participaient aux essais fourragers. Chez certains éleveurs, la production fourragère a été mesurée de façon précise sur quelques m² de surface consacrée à l'équipe de recherche. Dans d'autres cas, les informations quantitatives que nous disposons sur la production de matière verte ou de graines sont issues des estimations faites par les éleveurs. De la même façon, nous avons compté avec la collaboration des éleveurs pour enregistrer des informations concernant les dates de semis et les principales opérations culturales (irrigation, fertilisation, coupe) effectuées pendant la période expérimentale.

Etant donné l'importance de l'adoption de la technique fourragère par les éleveurs, nous avons organisé plusieurs visites d'accompagnement pour répondre aux questions pratiques posées par ceux-ci et prendre en considération tous les commentaires et les observations faites par rapport à cette innovation technique. A part les aspects purement quantitatifs (kg de matière verte produite) nous avons observé la manière dont l'éleveur s'appropriait la technique, son principal intérêt pour lui ainsi que les difficultés rencontrées.

II.4 ESSAIS D'ALIMENTATION *IN VIVO*

Les essais d'alimentation *in vivo* ont été réalisés dans les exploitations laitières de la province de Son La (district de Moc Chau) pendant la période hivernale. Les objectifs des essais ont été d'apprécier l'utilisation de l'avoine par les vaches laitières et d'évaluer l'influence d'une alimentation fourragère à base d'avoine sur la production laitière et sur l'état corporel des vaches (optique alimentaire).

- Animaux et aliments

Sur un total de plus de 200 vaches laitières en lactation appartenant à 60 éleveurs nous avons choisi 34 animaux selon certaines caractéristiques et paramètres de production.

Environ 50% des animaux sélectionnés sont issus de fermes qui produisent des fourrages d'avoine pendant l'hiver ; les animaux restants sont issus de exploitations agricoles qui n'utilisent pas encore cette culture fourragère pour nourrir les animaux. Afin de disposer de deux groupes homogènes de vaches laitières, nous avons sélectionné uniquement les vaches



de race Holstein Friesian pure, avec un nombre de lactations compris entre 2 et 6, et qui avaient au moment de l'expérience entre 14 et 22 semaines (3 à 5 mois) de lactation. Le poids corporel des vaches laitières et leur potentiel de lactation, calculés d'après les données de la lactation précédente, ont été également deux aspects pris en compte pour la sélection des animaux dans les groupes expérimentaux. Les données moyennes des caractéristiques et des paramètres de production des deux groupes expérimentaux (Avoine et Control) sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques et paramètres de production des groupes expérimentaux¹⁰

Groupe	Nombre d'animaux	Poids vif (kg)	Potentiel de lactation (tonnes lait/lactation)	Nombre de lactations	Semaines de lactation
Avoine	18	525	5,4	3,4	15,8
Control	16	535	5,5	3,9	14,6

Les données du Tableau 1 montrent que les deux groupes d'animaux expérimentaux avaient des potentiels de production et des caractéristiques de lactation similaires. La principale différence entre les deux groupes (Avoine et Control) était liée à l'alimentation fourragère utilisée pendant la durée de l'essai. Le groupe « Avoine » recevait une alimentation fourragère supplémentée avec environ 10 kg de fourrage d'avoine par jour. Le groupe de vaches « Control » recevait une alimentation fourragère traditionnelle à base de fourrages tropicaux et d'herbes naturelles, sans utiliser l'avoine pendant l'hiver. Au début de la période expérimentale, la production laitière journalière moyenne des groupes Avoine et

¹⁰ Les données individuelles des animaux de chaque groupe sont présentées dans l'Annexe 4

Control a été similaire (20,7 et 21,8 litres/vache, respectivement) mais avec un léger avantage pour le groupe Control (+1,1 litres).

A part cette différence de supplément fourrager pour le groupe « Avoine », les deux groupes de vaches laitières recevaient d'autres aliments comme les fourrages conservés, les aliments concentrés et les sous-produits agro-industriels. En ce qui concerne les fourrages tropicaux verts, nous avons utilisé le *Pennisetum purpureum* (herbe à éléphants), le *Brachiaria decumbens* (signal grass), le *Brachiaria ruziziensis* (ruzi), la *Setaria sphacelata* (narok), le *Cynodon nlemfluensis* (star grass), les feuilles de colza et les herbes naturelles. Les fourrages conservés ont été l'ensilage de maïs et le foin de *Brachiaria decumbens*. Pour compléter la ration fourragère, les vaches laitières ont reçu une alimentation à base de concentrés selon leur niveau de production de lait. Les aliments concentrés utilisés ont été la farine de maïs, la farine de manioc et les concentrés commerciaux pour vaches laitières de l'usine d'aliments de Moc Chau et de la compagnie d'aliments Charoen Pokphand. Certains éleveurs préparaient eux mêmes l'aliment concentré à la ferme. Les animaux recevaient aussi certains sous-produits agro-industriels comme le manioc frais, la mélasse et la paille de riz. La description de la ration alimentaire utilisée par les deux groupes d'animaux au début de la période expérimentale est présentée dans le Tableau 2.

Tableau 2. Composition moyenne de la ration alimentaire des groupes expérimentaux au début de l'essai¹¹

Groupe	Fourrages verts (kg)		Fourrages conservés (kg)		Concentré (kg)	Sous-produits (manioc)
	Avoine	Tropicaux	Ensilage	Foin		
Avoine	14,4 ^a	25,7 ^b	1,7	2,0	9,1	0,7 ^b
Control	0,0 ^b	33,7 ^a	4,0	4,1	9,4	3,1 ^a

Les valeurs avec différentes lettres dans la même colonne diffèrent de manière significative à $P < 0,05$

▪ Protocole expérimental

Les essais d'alimentation *in vivo* ont été réalisés en conditions réelles d'élevage, c'est-à-dire dans les exploitations laitières du district de Moc Chau. L'expérience a eu une durée totale de 2 mois (8 semaines), du 15 novembre 2007 au 15 janvier 2008.

Après avoir identifié les éleveurs potentiellement intéressés pour participer aux essais d'alimentation, nous avons sélectionné deux types d'éleveurs produisant, ou pas, l'avoine fourragère sur leur exploitation. Les techniques d'élevage des animaux (logement, alimentation, traite, etc.) étaient similaires entre les deux types de fermes. Ensuite, nous

¹¹ Les détails des aliments utilisés sont présentées dans l'Annexe 5

avons identifié les vaches en lactation dans chacune des fermes et finalement nous avons procédé à la sélection des animaux selon les paramètres de production décrits dans le paragraphe précédent (animaux et aliments). L'objectif était d'avoir deux groupes homogènes de vaches laitières en production pour étudier l'effet de l'utilisation de l'avoine sur la production laitière. Nous avons constitué un groupe de 18 animaux (dans 10 fermes) consommant des fourrages d'avoine et un groupe de 16 animaux (dans 11 fermes) sans accès à l'avoine.

Les deux premières semaines de l'expérience ont été consacrées à mettre au point les mesures et le système de récolte de données. Cette expérience d'alimentation se faisant en conditions réelles, nous avons suivi les opérations habituelles des éleveurs par rapport à l'alimentation des animaux. Globalement, les vaches laitières étaient toute la journée dans l'étable avec un système d'alimentation à l'auge. Les fourrages verts sont distribués aux animaux plusieurs fois pendant la journée et les résidus non utilisés sont retirés à la fin de la journée. L'ensilage de maïs est distribué une fois par jour (l'après-midi) et le foin reste disponible pendant la nuit. Les aliments concentrés sont distribués deux fois par jour au moment de la traite et les sous-produits ont été utilisés de façon sporadique. L'eau était disponible à volonté pour tous les animaux.

Pendant une période de 6 semaines consécutives (du 1^{er} décembre au 15 janvier), nous avons suivie de manière précise les élevages (et les vaches laitières) en expérimentation. Notre objectif a été d'enregistrer les données individuelles de l'alimentation des vaches laitières et leur production de lait. La traite des vaches a lieu généralement à 6h00 du matin et à 16h30.

- Mesures et prises d'échantillons

Pendant toute la durée des essais d'alimentation nous avons mesuré l'ingestion journalière de chaque type d'aliment par vache. Pour ce faire, nous avons noté les quantités d'aliments distribués aux animaux ainsi que la quantité de refus non consommés. Vu le nombre considérable de fermes en expérimentation (21 fermes) et le nombre conséquent de vaches laitières (34 animaux), les éleveurs ont été formés pour mesurer et enregistrer les données chaque jour sur un cahier de terrain. L'équipe de recherche faisait un passage dans chaque ferme tous les 2 ou 3 jours pour un suivi détaillé des mesures, pour récupérer les données et vérifier l'exactitude des registres. La production journalière de lait a été aussi notée par vache laitière.

Au début (1^{er} décembre) et à la fin (15 janvier) du suivi régulier des animaux nous avons pris des images numériques de chaque animal de côté et de dos. L'objectif était de faire une évaluation visuelle de l'état corporel des animaux au début et à la fin de l'essai pour identifier des évolutions au cours des 6 semaines de l'expérience. Le poids des animaux a été évalué au début et à la fin de l'essai grâce à la méthode de barymétrie.

Au milieu de la période expérimentale, nous avons récupéré des échantillons de tous les aliments utilisés lors de l'expérience pour faire des analyses de composition chimique (protéine, fibres, énergie). Les échantillons d'aliments ont été pris dans l'ensemble des fermes, mais un seul échantillon moyen représentatif de chaque aliment a été analysé au laboratoire.

II.5 COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR NUTRITIVE DES ALIMENTS

Les analyses des fourrages et des aliments de la ration des vaches laitières ont été réalisées au laboratoire d'aliments de l'Institut de l'Elevage à Hanoi (NIAH). L'objectif des analyses a été de connaître la composition chimique (protéines, fibres, énergie, etc.) et la valeur nutritive des échantillons de fourrages et des aliments. Ceci a été essentiel pour mesurer l'aspect qualitatif des productions fourragères d'avoine et pour apprécier l'utilisation digestive des fourrages et de la ration par les vaches laitières (optique qualitative).

▪ Préparation des échantillons

Les échantillons de fourrages ont été prélevés lors de chaque coupe de fourrage des essais en mini parcelle ou des essais en moyenne dimension chez certains éleveurs. Une quantité exacte de fourrage (généralement 500 g) a été pesée sur le terrain et ensuite transportée au laboratoire dans un sac plastique dûment fermé et identifié. Cet échantillon servait à la détermination de la matière sèche après un passage à l'étuve à 45°C pendant environ 40 heures (ou jusqu'à poids constant). Pour compléter la préparation des échantillons, les échantillons de fourrages séchés ont été broyés en particules très fines d'environ 1 mm à l'aide d'un broyeur Cyclotech.

Les échantillons d'aliments concentrés (100 g) et les sous-produits agro-industriels (environ 300 g) utilisés dans les essais d'alimentation *in vivo* ont été récoltés une seule fois au milieu de la période d'expérimentation et envoyés, après séchage au soleil, au laboratoire de l'Institut d'Elevage. Les échantillons ont été broyés avant de passer aux étapes suivantes d'analyse chimique ou spectrale.

- Analyses de laboratoire

Une partie des échantillons de fourrage (environ 10% du total) a été analysé par les méthodes d'analyse classiques de laboratoire. La teneur en azote (ou protéine) des échantillons a été mesuré par la méthode de Kjeldahl ; la teneur en fibres (NDF, ADF et ADL) a été analysée par un dosage séquentiel selon la méthode de Van Soest ; l'énergie brute des échantillons a été obtenu en utilisant une bombe calorimétrique ; les matières minérales ont été dosées par une minéralisation à 550°C pendant 12 heures. Les données issues des analyses de laboratoire ont été enregistrées sur feuille de calcul Excel.

- Prédiction des données par SPIR

Etant donné le nombre considérable d'échantillons obtenus pendant toute la durée des essais et dans tous les sites des essais (plus de 500 échantillons) et les coûts élevés des analyses classiques de laboratoire, nous avons décidé de prédire l'ensemble des données de composition chimique de la totalité des échantillons par la technique de Spectrométrie en Proche Infra Rouge (SPIR). Cette technique de prédiction rapide (et peu coûteuse) consiste à analyser le spectre de radiation d'une source de lumière monochromatique, de longueur d'onde comprise entre 1 100 et 2 500 nanomètres, réfléchi par les particules des échantillons (fourrages et autres aliments). Pour cela, on dispose les échantillons broyés dans des cellules de l'appareil SPIR et après une lecture rapide d'environ 1,5 minutes de chaque cellule par l'appareil, nous obtenons un spectre qui sera « traduit » ultérieurement, à l'aide d'équations de calibration standardisées, en données de composition chimique pour chaque échantillon de fourrage ou d'aliment. La valeur nutritive des aliments (protéine digestible dans l'intestin, unité fourragère) a été calculée à partir des données de composition chimique des échantillons en utilisant des équations.



Les échantillons ont été lus par un appareil SPIR du laboratoire d'analyse des aliments de l'Institut de l'Elevage à Hanoi.

II.6 ANALYSE STATISTIQUES DES DONNEES

Les données des productions fourragères obtenues au cours des essais ont été soumises à une analyse de variance permettant de tester l'effet du traitement (semis, irrigation, fertilisation, intervalle entre coupe, etc.) et l'effet du site expérimentale (province). Lorsque les effets étaient significatifs ($P < 0,05$), les moyennes ont été comparées par le test de Duncan (1955). Les analyses ont été réalisées à l'aide de la procédure General Linear Model (GLM) du logiciel SAS (SAS, 1989).

III. RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSION

La culture de fourrages comme l'avoine représente un investissement en terre, en intrants et en main-d'œuvre dont la rentabilité doit être considérée par l'éleveur avant d'initier une production à grande échelle. La première question concerne le calcul des besoins réels en fourrage vert pour alimenter les animaux pendant la période d'hiver. Pour ce faire, l'éleveur doit prendre en compte la disponibilité de fourrages conservés qui existent au niveau de l'exploitation (ensilage, foin) ainsi que la possibilité d'utiliser des sous-produits agro-industriels disponibles dans la région. La quantité journalière de fourrage vert ingérée par un bovin varie selon le poids vif de l'animal, le stade de production (croissance, gestation, lactation, etc.) et la qualité nutritive (protéine et énergie) des fourrages distribués.

Si l'éleveur décide de produire de l'avoine en hiver, il est très important de prendre en considération les trois critères suivants :

- ⇒ Terre : disposer d'une surface de terre qui ne soit pas utilisée par d'autres cultures agricoles pendant la période hivernale. L'éleveur doit choisir une parcelle avec la terre de meilleure qualité (structure franche et pH neutre) et si possible en proximité d'une source d'eau pour l'irrigation des fourrages ;
- ⇒ Intrants : pour une production importante de fourrages l'éleveur doit appliquer régulièrement des engrais minéraux (NPK) et/ou organiques (fumier). L'arrosage pendant certains moments du développement des fourrages est aussi un investissement à prendre en compte ;
- ⇒ Main-d'œuvre : l'éleveur doit assurer un minimum de temps de travail pour les soins aux cultures fourragères d'hiver (préparer la clôture, les opérations de semis et de fertilisation, l'irrigation, le contrôle des mauvaises herbes, etc.).

Un des objectifs de notre travail expérimental avec l'avoine fourragère a été de déterminer le meilleur protocole technique adapté aux conditions spécifiques vietnamiennes. Cette partie du rapport scientifique décrit donc les résultats que nous avons obtenus lors des principales étapes du protocole technique de la production d'avoine fourragère au Vietnam (optique agronomique).

III.1 PROTOCOLE TECHNIQUE

- Préparation de la terre et semis

La préparation de la terre est une étape cruciale et très importante pour la réussite d'une culture fourragère. Si la terre a une structure trop lourde (argileuse, collante) l'éleveur doit apporter des additifs organiques et éventuellement du sable pour enrichir le sol. Si la terre a une structure trop légère (sableuse) il convient d'apporter grandes quantités de matière organique. Si la terre est trop acide, un apport de chaux ou de scories potassiques est envisageable. Si, au contraire, la terre est trop calcaire il convient d'apporter du sulfate de fer. Une règle essentielle lors du choix et de la préparation de la terre concerne la possibilité d'écoulement de l'eau de surface. Si la zone est très humide, il faut prévoir un drainage du terrain pour éliminer l'excès d'eau du sol.

La préparation de la terre nécessite un labour du sol à l'aide d'un animal de trait ou d'un motoculteur. On peut profiter de cette opération pour enterrer l'additif organique ou minéral et les fertilisants dans le sol. Ensuite, un hersage pour égaliser le sol est recommandé pour éliminer les pierres et les bouts de racines qui ont été remontés à la surface par le labour. Finalement, l'éleveur doit réaliser un griffage très appuyé pour préparer finement la couche superficielle qui recevra les graines.



La date de semis de l'avoine fourragère varie selon les conditions climatiques de la région. Dans les régions montagneuses où les températures fraîches commencent à se faire sentir au mois d'octobre, l'opération de semis doit être faite à la fin du mois d'août/début du mois de septembre. Dans les zones de plus faible altitude et où la période hivernale est relativement courte, le semis peut être réalisé à partir du mois d'octobre. Lors d'un essai dans la province de Hanoi concernant l'effet de la date de semis sur la production fourragère, nous observons que la production de matière verte lors de la première coupe a été plus importante quand le semis a été réalisé au mois de novembre et décembre (Tableau 3).

Tableau 3. Effets de la date de semis sur la production des fourrages d'avoine *strigosa* (province de Hanoi)

Production de matière verte (kg fourrage/ha)	Date de semis		
	octobre	novembre	décembre
1 ^{ère} coupe	3 917 ^b	8 000 ^{ab}	9 542 ^a
Totale	24 667	28 000	22 958

Les valeurs avec différentes lettres dans la même ligne diffèrent de manière significative à $P < 0,05$

Cependant, les effets de la date de semis sont très dépendants des conditions climatiques, notamment pluviométrie et température, qui sont variables d'année en année. Dans nos conditions expérimentales, la production de matière verte lors de la première coupe a été significativement supérieure quand le semis a été réalisé au mois de décembre par rapport à la date de semis en octobre. Cependant, la date de semis n'a pas influencé de façon significative la production totale de matière verte. Pour obtenir une production de fourrage « en continu » pendant la saison d'hiver, nous conseillons l'éleveur à faire 3 à 4 périodes de semis avec 10-15 jours d'intervalle entre chaque période.

Les résultats expérimentaux dans la province de Hoa Binh concernant l'effet de la densité de semis sur la production fourragère de l'avoine *strigosa* sont présentés dans le Tableau 4. La production de matière verte a été sensiblement la même lors de la 1^{ère} coupe ainsi que sur la totalité des coupes. Les différences de production fourragère observées pour les trois niveaux de densités de semis n'ont pas été statistiquement significatives.

Tableau 4. Effets de la densité de semis sur la production des fourrages d'avoine *strigosa* (province de Hoa Binh)

Production de matière verte (kg fourrage/ha)	Densité de semis (kg graines/ha)		
	40	60	80
1 ^{ère} coupe	8 626	8 642	8 828
Totale	25 899	25 727	24 191

D'après nos résultats, les densités de semis de 40 ou de 60 kg/ha pour l'avoine *strigosa* semblent être les plus appropriées pour les conditions expérimentales et correspondent aussi à la solution la moins chère en terme d'investissement en graines. Des quantités légèrement plus élevées peuvent être employées sur les meilleurs sols. Les densités de semis excessives mèneront aux problèmes de compétition (fertilisants, lumière, eau) et peuvent réduire les rendements fourragers.

L'opération de semis peut se faire selon deux méthodes différentes : (1) à la volée ou (2) en ligne. Si l'éleveur utilise la méthode de semis à la volée, il est envisageable de croiser les passages pour obtenir une meilleure répartition des graines dans le sol. Ensuite il faut enterrer les graines à une profondeur de 2 à 3 cm par un griffage ou un ratissage léger effectué dans les deux sens. Si possible, l'éleveur doit effectuer un roulage du sol pour entourer les graines en terre et faciliter la montée de l'eau par capillarité. Si l'éleveur utilise la méthode en ligne, il doit tracer des lignes avec un espacement de 20 à 25 cm entre lignes et la profondeur des lignes ne doit pas dépasser les 3 cm. Les graines sont ensuite distribuées dans les lignes de façon uniforme et recouvertes de terre par un griffage ou ratissage léger. D'après nos résultats, il n'y a pas eu de différences significatives en termes de production fourragère entre les deux méthodes mentionnées. Néanmoins, la méthode de semis en ligne semble améliorer la germination des graines. Après l'opération de semis il est important de contrôler l'attaque de certains insectes (comme les fourmis) ou le passage des volailles qui peuvent provoquer des pertes de graines très importantes. Quand le semis est réalisé en période de climat favorable, les graines d'avoine germent et lèvent rapidement, entre 5 et 10 jours après le semis.



- Fertilisation de fond et irrigation

Pour toutes les espèces fourragères, la réussite de la production est conditionnée par la présence des éléments nutritifs nécessaires à la croissance et au développement des plantes. La fertilisation de la terre est une opération très importante dès la préparation du sol et du semis – fertilisation de fond. Une bonne pratique consiste à mettre en réserve dans le sol au niveau des futures racines, les éléments peu mobiles que sont le Phosphore (P_2O_5) et le Potassium (K_2O). Ces deux éléments sont les garants d'une croissance solide des tiges et des racines. Les quantités minimales d'engrais de fond suggérés pour l'avoine fourragère sont de 60 kg P_2O_5 /ha (sous la forme de superphosphate) et 60 kg K_2O /ha (sous la forme de kali). Une fois le processus de germination des plantes démarré, 5 à 10 jours après le semis, une



fertilisation avec de l'azote (N) minérale apportera aux plantes les éléments nutritifs nécessaires à sa pleine croissance. L'avoine prélève des quantités substantielles d'azote du sol. Une quantité suffisante d'azote est particulièrement importante pour la hauteur de la plante et par conséquent la qualité et le rendement du fourrage. Nous conseillons un apport de 40 kg N/ha (sous la forme d'urée). L'application des engrais minéraux est normalement réalisée à la main (à la volée).

A part la fertilisation minérale, c'est très intéressant d'apporter au sol, lors du labour, un engrais organique comme le fumier. Le fumier comporte de l'azote organique qui permet aux plantules de créer les parties vertes de la plante. Dans un essai réalisé dans la province de Hanoi avec l'avoine *strigosa*, un apport de 10 tonnes de fumier/ha au moment du semis a sensiblement doublé la production fourragère totale des parcelles par rapport aux parcelles qui n'ont pas reçu de fumier (Tableau 5). La quantité de fumier de fond suggérée est de 10 à 15 tonnes/ha.

Tableau 5. Effets de l'utilisation d'azote organique sur la production des fourrages d'avoine *strigosa* (province de Hanoi)

Production de matière verte (kg fourrage/ha)	Apport de fumier (tonnes/ha)	
	0	10
1 ^{ère} coupe	3 292 ^b	11 417 ^a
Totale	21 333 ^b	38 625 ^a

Les valeurs avec différentes lettres dans la même ligne diffèrent de manière significative à $P < 0,05$

Par temps sec il est essentiel d'arroser le champ après le semis, et de continuer à irriguer périodiquement jusqu'à la prochaine période pluvieuse. Une fois le processus de germination démarré (5 à 10 jours après le semis), il faut éviter impérativement le dessèchement de la surface du sol. Il est donc essentiel pour le développement futur des fourrages que la terre soit correctement humidifiée pendant les premiers jours de vie des plantules. La jeune plante une fois enracinée supportera mieux par la suite des arrosages plus espacés. Par temps sec nous conseillons des arrosages consécutifs tous les 2-3 jours pendant le premier mois de développement fourrager. Il faut noter que le stress hydrique et la chaleur perturbent fortement le développement des fourrages tempérés. Si l'éleveur a la possibilité d'irriguer le



champ de fourrages tempérés pendant toute la période hivernale, les quantités de fourrages produites peuvent être supérieures de l'ordre des 40 à 80% selon le type de sol et de la quantité d'eau utilisée (Tableau 6). L'impossibilité d'arroser les champs en hiver représente un des facteurs limitants pour beaucoup d'éleveurs qui souhaitent produire des quantités importantes de fourrages tempérés au Vietnam.

Tableau 6. Effets de l'irrigation sur la production des fourrages d'avoine (provinces de Son La)

Production de matière verte (kg fourrage/ha)		Irrigation (l/m ² /mois)	
		0¹²	250
Avoine <i>sativa</i>	1 ^{ère} coupe	9 558 ^b	18 667 ^a
	Totale	32 621 ^b	58 817 ^a
Avoine <i>strigosa</i>	1 ^{ère} coupe	13 183 ^b	20 975 ^a
	Totale	37 858 ^b	53 117 ^a

Les valeurs avec différentes lettres dans la même ligne diffèrent de manière significative à P<0,05

- Contrôle des mauvaises herbes et protection contre les animaux

Le désherbage est une opération très importante car elle permet aux plantes fourragères de recoloniser l'espace laissé libre par les mauvaises herbes détruites. De plus, nous obtenons une utilisation plus efficace des éléments nutritifs du sol pour le développement des fourrages. Pour réussir l'opération de désherbage, il est conseillé de le faire en période de végétation active (température moyenne minimum de 15°C). Les caractéristiques de croissance rapide de l'avoine et la présence de composés allopathiques dans les racines aident à combattre la majorité des mauvaises herbes. Cependant quelques mauvaises herbes à feuilles larges, comme la moutarde sauvage, peuvent de temps en temps être un problème car elles compliquent la récolte et réduisent les rendements fourragers. Ces adventices peuvent être facilement enlevées par un contrôle manuel 30 jours après le semis quand les plantes sont encore petites.

Une attention particulière doit être prise par l'éleveur pour la protection des champs de fourrages contre les volailles, les bovins ou les buffles en divagation dans la zone. Pour une production fourragère conséquente et pour bénéficier de l'investissement réalisé, il est envisageable de protéger correctement (grillage) la parcelle de production de fourrages d'hiver.

¹² Sauf quelques périodes de pluies faibles

- Coupe des fourrages et fertilisation d'entretien

Si les conditions climatiques ont été favorables, la première période de coupe de l'avoine fourragère est réalisée 60 jours après la date de semis. L'hauteur des plantes sera d'environ 50-60 cm, deux mois après le semis. L'opération de coupe des fourrages est réalisée selon les techniques traditionnelles utilisées pour les autres fourrages tropicaux. Une faucille est généralement l'outil agricole utilisé par la majorité des éleveurs. L'opération de coupe peut être aussi mécanisée si l'éleveur dispose de cette possibilité. Les plantes doivent être coupées en laissant 3 à 5 cm d'hauteur à partir du sol.



Dans les conditions du nord du Vietnam, le développement de l'avoine fourragère permet de réaliser généralement trois périodes successives de coupes. La deuxième et la troisième période de coupe devront être réalisées à des intervalles d'environ 40-45 jours. Lors d'un essai réalisé dans la province de Hoa Binh, nous pouvons observer l'effet de l'intervalle entre deux coupes successives sur la production des fourrages d'avoine *strigosa* (Tableau 7). Si nous considérons le résultat final cumulé après toutes les coupes de fourrage, les quantités de fourrage ont augmenté significativement avec un intervalle de coupe plus long. Si l'intervalle entre deux coupes est supérieur à 45 jours, la production fourragère totale augmente légèrement mais la qualité des fourrages récoltés diminue (cf. section III.3 Qualité des fourrages). Si l'intervalle entre deux coupes est inférieur à 40 jours, la production fourragère totale diminue significativement car la plante a besoin d'un minimum de temps après chaque coupe pour reconstituer ses réserves et redémarrer la croissance.

Tableau 7. Effet de l'intervalle entre deux coupes successives sur la production des fourrages d'avoine *strigosa* (province de Hoa Binh)

	Intervalle entre coupes (jours)		
	30	45	60
Production de matière verte (kg fourrage/ha)	19 559 ^b	27 103 ^a	29 156 ^a

Les valeurs avec différentes lettres dans la même ligne diffèrent de manière significative à $P < 0,05$

D'après nos résultats, l'intervalle de 45 jours entre deux coupes successives correspond au meilleur compromis entre la quantité et la qualité du fourrage récolté. Pour une meilleure gestion des intervalles entre coupes il est conseillé de faire plusieurs périodes de semis avec

10-15 jours d'intervalle entre chaque période, de façon à disposer de fourrages au meilleur état de coupe tout au long de la saison hivernale.

Pour permettre à la plante de reconstituer ses réserves et de redémarrer la croissance des feuilles et des tiges coupées, il est essentiel d'apporter régulièrement les éléments nutritifs à la plante, avec notamment un apport particulier pour l'élément azote. L'azote est donc très important pour stimuler la croissance des feuilles. Les résultats d'un essai réalisé dans la province de Hoa Binh sur l'impact de la fertilisation azotée de couverture sur la production de matière verte sont présentés dans le Tableau 8. Dans nos conditions expérimentales, nous n'avons pas trouvé des différences significatives par rapport à l'effet des trois niveaux de fertilisation azotée. Ceci est probablement dû à la richesse en éléments azotés (1,5 g N/kg sol) des sols où les essais ont été réalisés, et par conséquent un apport supplémentaire d'azote minéral n'a pas été suivi d'une augmentation de la production fourragère. L'azote ne semble pas être le facteur limitant pour la croissance des plantes dans nos conditions expérimentales.

Tableau 8. Effet de la fertilisation azotée de couverture sur la production des fourrages d'avoine *strigosa* (province de Hoa Binh)

	Fertilisation de couverture (kg N/ha)		
	40	60	80
Production de matière verte (kg fourrage/ha)	23 302	26 097	26 418

Cependant, l'impact de la fertilisation azotée dépend aussi de la densité de semis et de l'intervalle entre coupes utilisé. Les résultats de notre étude dans la province de Hoa Binh suggèrent qu'avec une densité de semis faible (40 kg graines/ha), l'effet de la fertilisation sur la production fourragère est non significatif. Si la densité de semis augmente pour le niveau intermédiaire (60 kg graines/ha), un apport de fertilisant azoté aura un effet nettement positif (+40%) sur la production fourragère avec un intervalle entre coupes de 45 jours.

D'après nos résultats, nous recommandons un apport de 40 à 60 kg N/ha sous la forme d'urée après chaque coupe de fourrage. Les apports d'urée doivent être réalisés sur des parcelles propres, sans la présence des mauvaises herbes. Les éleveurs devront avoir une bonne maîtrise de l'application des engrais pour permettre une répartition homogène de l'urée sur la parcelle. Il faut éviter les applications d'urée sur un sol sec car une partie de

l'azote va s'évaporer. Si le temps est sec, il est souhaitable d'effectuer un arrosage après l'opération de coupe et pendant la première semaine de repousse. L'utilisation de quantités plus élevées d'engrais azotés après chaque coupe peut se justifier sur certains types de sols pauvres et dépend de la capacité d'investissement des éleveurs. L'utilisation de quantités supérieures d'urée augmente normalement la production de fourrage (jusqu'à un niveau plateau) mais reste une solution discutable d'un point de vue économique. La valeur du surplus de production fourragère obtenue peut être inférieure à l'extra coût de la fertilisation. De plus, un excès d'azote peut provoquer la tombée des plantes. L'application d'urée est normalement réalisée à la main (à la volée).



- Distribution des fourrages aux animaux

La distribution des fourrages aux animaux doit être réalisée à la suite de l'opération de coupe. Les fourrages d'avoine peuvent être utilisés comme la seule source fourragère de la ration ou être mélangés avec d'autres fourrages disponibles dans l'exploitation (fourrages tropicaux, foin, ensilage, herbes naturelles, etc.) et distribués dans les auges. Les fourrages tempérés comme l'avoine sont très appréciés par les bovins. Tout d'abord parce que ce sont des plantes de bonne appétence (par la présence de sucres), peu fibreuses et qui sont bien ingérées et digérées par les animaux. La proportion de feuilles est très élevée, et les tiges sont également entièrement consommées par l'animal. Les caractéristiques « goût et odeur » sont vraisemblablement aussi responsables de la grande appétence des bovins pour les fourrages tempérés.



Les fourrages tempérés peuvent être distribués à volonté, l'animal contrôle la quantité ingérée selon ses besoins, ou en quantités fixées par l'éleveur dans le cas où d'autres sources fourragères seront utilisées. Si la disponibilité en fourrages tempérés d'une exploitation n'est pas un facteur limitant, l'éleveur pourra utiliser ces fourrages comme la seule alimentation fourragère du troupeau. L'avoine fourragère est très bien valorisée par les

bovins en termes nutritifs (et économiques), notamment par les vaches laitières en production.

Des essais d'alimentation *in vivo* avec des vaches laitières en production ont été réalisés dans la province de Son La pour déterminer l'effet d'une alimentation fourragère à base d'avoine sur la production de lait et sur l'état corporel des animaux ainsi que sur l'impact économique de cette innovation fourragère (cf. section III.5 Essais d'alimentation *in vivo*).

- Production et récolte des graines

Pour produire des graines au niveau de la ferme, il est nécessaire de préserver une partie de la surface de la parcelle (5 à 10%) où aucune coupe de fourrages n'est réalisée après le semis. Si l'éleveur souhaite produire des graines fourragères il devra consacrer cette surface de terrain uniquement à la production de graines et ne peut pas l'utiliser pour produire des fourrages.

La floraison des plantes d'avoine commence normalement entre 75 et 90 jours après la germination. La date de démarrage de la floraison des plantes est variable et très dépendante des conditions climatiques, notamment de la température et de la pluviométrie enregistrées dans la parcelle. Avec un temps sec et chaud, la floraison aura lieu plus rapidement par rapport à un climat frais et plus humide.

Après la floraison, la reproduction de la plante est faite presque entièrement par auto pollinisation. Les graines passent par plusieurs phases de croissance et remplissage jusqu'à leur maturité. La période de temps entre la fécondation et la maturité des graines dépend aussi des conditions climatiques, et varie normalement entre 45 et 60 jours après la floraison. La production de graines peut être importante mais, sur des petites surfaces, les graines produites sont souvent complètement mangées par des oiseaux. A petite échelle, une protection par filet semble être la meilleure réponse.



Les graines d'avoine devront être récoltées seulement après la maturation complète. Les graines sont essentiellement « à nu » et faciles à détacher de la plante. Après les opérations de nettoyage des graines par des méthodes traditionnelles, il est conseillé de stocker les graines dans un endroit sec et frais et protégé contre l'attaque d'insectes et de rongeurs.

Le protocole technique utilisé aura donc des impacts plus au moins marqués sur la production fourragère d'avoine. Comme nous allons le présenter dans la section suivante, les résultats quantitatifs de production fourragère n'ont pas été les mêmes dans toutes les régions où les essais ont été réalisés.

III.2 PRODUCTION FOURRAGERE

La production fourragère est influencée par plusieurs aspects liés d'une part à l'environnement dont les plus importants sont les caractéristiques des sols et les conditions climatiques de la région où les plantes ont été cultivées. D'autre part, les techniques culturales utilisées et les soins apportés par les éleveurs, notamment lors du semis, de la fertilisation, de l'irrigation, ainsi que la protection des champs, vont influencer de façon importante la production fourragère (optique quantitative).

Etant donné que nous avons réalisé nos essais (mini parcelles et de moyenne dimension) dans plusieurs provinces au nord du Vietnam avec des conditions agro climatiques différentes, les résultats fourragers obtenus ont été variables de région à région (province, district, commune). De plus, les résultats obtenus par chaque éleveur issu d'une même région n'ont pas été toujours les mêmes car la gestion des champs de fourrages n'a pas été réalisée de la même façon.

- Caractéristiques des sols

Les caractéristiques chimiques (pH, fertilité, etc.) et les propriétés physiques des sols (texture, structure, etc.) sont des facteurs agronomiques importants à considérer car ils conditionnent l'adaptation et le développement des plantes.

Les débris végétaux et animaux constituent la source essentielle de matière organique qui, peu à peu transformée, donne naissance par minéralisation à des éléments solubles ou gazeux assimilables et, par humification, à des complexes humiques. Ces derniers se minéralisent lentement, permettant ainsi d'alimenter les plantes et de boucler le cycle biologique de l'azote et du carbone. Le rapport entre le carbone et l'azote (C/N) renseigne sur la richesse de l'humus en azote, il varie suivant l'horizon du sol étudié et suivant les sols. Un rapport C/N élevé correspond à un sol dans lequel la matière organique est mal décomposée ; un rapport C/N faible indique des sols minéralisés, à faible réserve de matière organique. L'évolution de l'humus est influencée par le climat et la roche mère. La température et l'humidité favorisent la production de matière végétale et la minéralisation de

l'humus. Les complexes humiques et les argiles du sol retiennent autour de leur molécule des cations H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et Na^+ en quantité importante. Ces cations sont dits échangeables car ils peuvent faire l'objet de substitution avec les cations de la solution du sol en fonction de l'énergie d'absorption de chaque ion et de la concentration des ions dans la solution du sol.

Pour apprécier les caractéristiques chimiques des sols des différentes régions expérimentales, nous avons fait des prélèvements d'échantillons de terre. Les échantillons ont été analysés au laboratoire de l'Institut National de Sols et Fertilisants. Les échantillons ont été récupérés au moment de la sélection des sites expérimentaux et ont été prélevés sur deux horizons successifs, de 0 à 20 cm et de 20 à 40 cm. L'interprétation des résultats moyens analytiques (présentés dans le Tableau 9) nécessite une synthèse des divers facteurs observés tenant compte en particulier du type de sol ainsi que du type de culture envisagé (susceptible de modifier la couverture ou la structure du sol) et des données topographiques et géomorphologiques locales.



Tableau 9. Principales caractéristiques chimiques des sols des régions expérimentales (moyenne des deux horizons et de plusieurs sites/district)

province	district	pH- H ₂ O	C (g/kg)	N (g/kg)	C/N	Cations échangeables		P ₂ O ₅ assimilable (mg/100g)	P ₂ O ₅ total (%)	K ₂ O total (%)
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
Bac Ninh	Tien Du	7,9	6,7	0,8	10	9,8	0,8	4,76	0,11	1,84
Ha Nam	Kim Bang	6,9	7,5	1,0	7	7,0	1,2	2,94	0,13	1,47
	Duy Tien	7,9	8,8	0,8	11	9,9	1,5	4,11	0,10	2,06
Ha Noi	Dong Anh	7,3	12,9	1,4	10	9,3	1,6	4,34	0,12	1,83
	Soc Son	4,8	4,1	0,5	9	2,8	0,4	-	0,15	0,31
	Tu Liem	7,8	15,3	1,4	11	15,5	1,1	7,45	0,17	2,22
Ha Tay	My Duc	7,2	11,1	1,1	11	7,3	0,5	1,43	0,10	0,90
	Ung Hoa	7,7	9,2	0,7	14	10,0	1,0	6,00	0,12	2,00
	Thanh Oai	5,6	3,8	0,6	8	4,0	1,2	3,28	0,06	1,41
Hoa Binh	Tan Lac	4,7	18,0	1,5	12	7,0	3,9	1,60	0,21	0,72
	Luong Son	4,9	23,7	2,2	11	1,8	1,1	1,40	0,10	0,07
Son La	Moc Chau	5,4	44,7	2,7	17	11,9	6,0	6,28	0,11	0,53
Vinh Phuc	Yan Lac	6,8	8,4	0,9	9	7,1	1,0	4,55	0,09	1,48
	Lap Thach	5,0	4,0	0,5	9	1,4	0,5	3,21	0,05	0,65
	Vinh Tuong	7,0	7,9	1,0	8	8,0	1,1	3,21	0,11	1,57

Une caractéristique commune aux sols des différentes régions concerne leur pH proche de la neutralité (7,0) ou légèrement basiques. Cependant, dans certains districts nous avons observé une acidité des sols élevée comme c'est le cas de Tan Lac (4,7), Soc Son (4,8), Luong Son (4,9) et Lap Thach (5,0). Un pH acide ne limite pas la croissance des plantes mais influence d'autres facteurs qui peuvent affecter leur développement. En effet, un pH acide réduit la disponibilité de certains éléments nutritifs pour les plantes, diminue l'activité biologique et augmente les risques de toxicité aluminique. Afin d'augmenter le pH des sols, de l'oxyde de calcium (CaO ; chaux vive) à raison de 200 kg/ha/année devrait être utilisé pour les sols acides. L'utilisation de fertilisants sous forme de sulfates doit être évité car les sulfates ont des caractéristiques acidifiantes.

Les teneurs en Carbone et en Azote ont été également très différentes selon les régions expérimentales. Nous observons des sols très riches en Carbone dans le cas du district de Moc Chau (45 g/kg) et dans une moindre mesure dans les districts de Luong Son, Tan Lac et de Tu Liem (environ 19 g/kg), et des sols dépourvus en Carbone dans le cas du district de Thanh Oai, Lap Thach et Soc Son (environ 4 g/kg). Pour l'élément Azote les différences sont

également très significatives ; les sols dans le district de Moc Chau ont une teneur très élevée de l'ordre des 2,7 g/kg, inversement dans d'autres districts (Lap Thach et Soc Son), les sols sont beaucoup moins riches (5 fois inférieurs) en azote. Le rapport C/N du sol traduit la « qualité » de sa matière organique. Le carbone permettant le développement des micro-organismes et l'azote étant souvent le facteur limitant du développement des plantes et des bactéries. Dans la majorité des sols, le rapport C/N des sols est compris entre 9 et 12 ce qui correspond à une valeur normale et à une matière organique bien décomposée. Dans le district de Ung Hoa et de Moc Chau, le rapport C/N est élevé en raison d'une teneur en Carbone forte, situation fréquente pour les sols qui sont utilisés pour les cultures fourragères. Ceci semble indiquer une matière organique importante mais qui évolue peu.

Par rapport aux cations échangeables (Ca et Mg), les sols des différentes régions ont des concentrations variables mais les valeurs sont globalement proches des valeurs normales ou de l'optimum pour le développement de la plupart des plantes fourragères. Cependant dans les districts de Lap Thach et Soc Son les concentrations en cations échangeables sont anormalement faibles. Globalement, les sols sont bien pourvus en Phosphore total mais présentent une faible teneur en K_2O total. Les résultats analytiques devront être confrontés et comparés aux observations au champ sur le comportement des cultures fourragères (vitesse de croissance, production fourragère) et éventuellement aux analyses de composition chimique des fourrages. On pourra ainsi obtenir une série d'évaluations des teneurs critiques en éléments assimilables du sol.

- Données climatiques

Les données climatiques, notamment la température moyenne et la pluviométrie, sont des facteurs essentiels à la croissance et au développement fourrager. L'effet de la température se fait sentir sur la plante au niveau des seuils de végétation et au niveau de la croissance. Le « zéro de végétation » est la température à partir de laquelle la plante peut commencer sa croissance ; la vitesse de croissance est faible aux basses températures puis elle augmente, passe par un optimum, et décroît ensuite avec des températures très élevées. Les besoins théoriques d'une plante en eau sont égaux aux valeurs de l'évapotranspiration potentielle. L'évapotranspiration est la somme de la consommation propre de la plante pour l'élaboration de ses tissus (photosynthèse et transpiration) et de l'évaporation par le sol. La différence entre la pluviométrie et l'évapotranspiration potentielle, souvent appelée bilan hydrique potentiel, constitue le déficit ou l'excédent en eau.

L'humidité atmosphérique, la vitesse et la direction du vent, l'insolation et la couverture atmosphérique sont d'autres facteurs climatiques importants pour l'adaptation et le

développement des plantes fourragères. Parmi les espèces d'avoine il existe plusieurs variétés ou cultivars qui ont des cycles de production plus ou moins précoces pour faire face aux caractéristiques climatiques des régions.

Dans la Figure 4, nous présentons les données climatiques mensuelles moyennes (pluviométrie et température moyenne), issues des stations météorologiques des provinces et des districts.

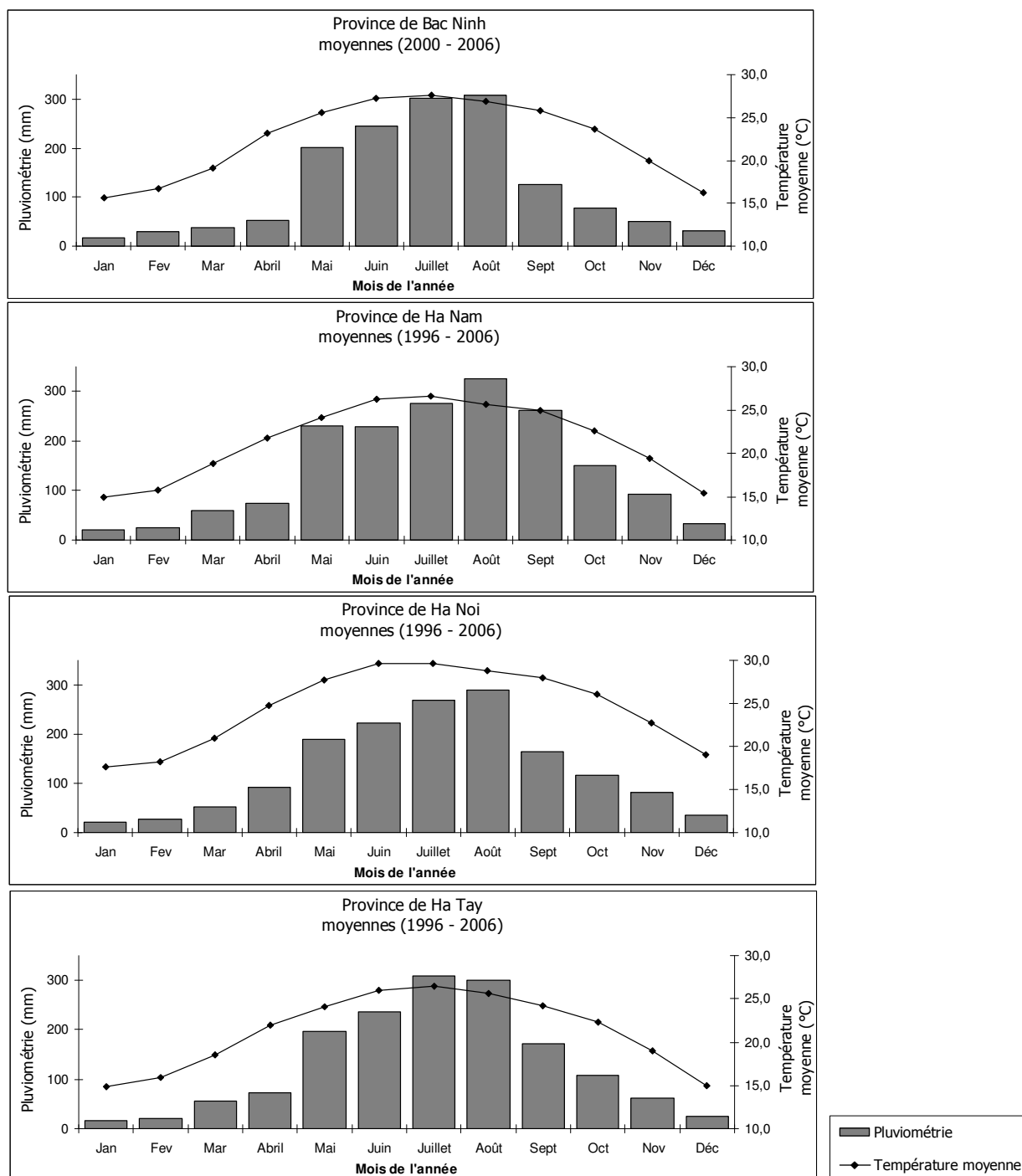


Figure 4. Données climatiques mensuelles des régions expérimentales

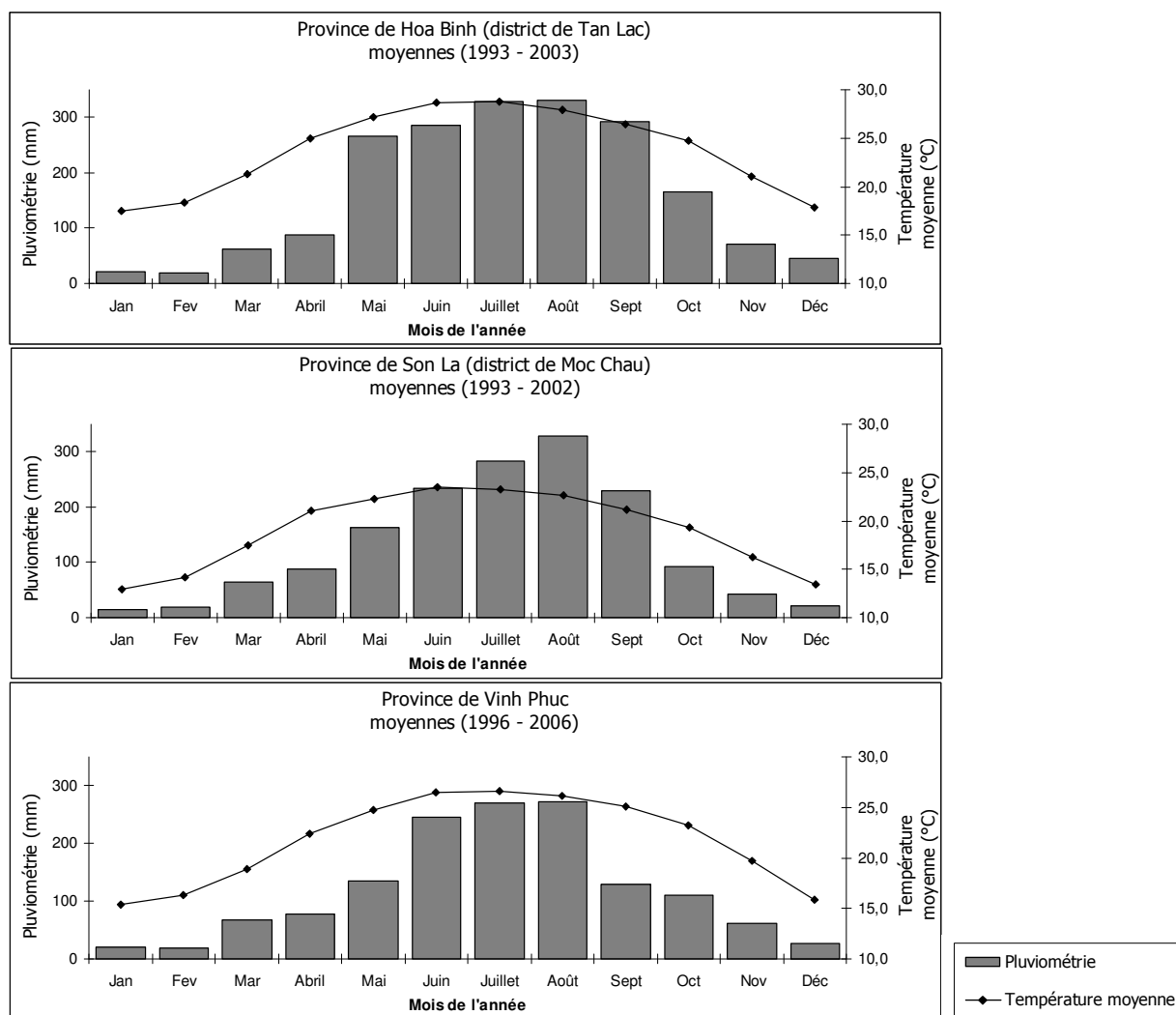


Figure 4 (continuation). Données climatiques mensuelles des régions expérimentales

Dans la région du nord Vietnam les précipitations annuelles totales sont d'environ 1 600 mm mais avec des différences significatives entre provinces et districts. Par exemple, la moyenne de précipitation annuelle du district de Tan Lac (province de Hoa Binh) est environ 40% supérieure à celle de la province de Vinh Phuc (1975 *vs* 1432 mm/an, respectivement). Par ailleurs, la distribution des pluies a une distribution très hétérogène au cours de l'année. Les précipitations enregistrées entre le mois de mai et le mois d'octobre (6 mois) correspondent à environ 85% des précipitations totales. Les mois les plus secs sont décembre, janvier et février avec des précipitations très faibles et inférieurs à 35 mm par mois.



Les températures moyennes varient aussi entre les régions expérimentales. En moyenne, la température annuelle des sept provinces considérées est de 22,0°C, avec un minimum de

19,0°C à Son La (district de Moc Chau) et un maximum de 24,4°C à Hanoi. Les températures moyennes ont également une distribution hétérogène au cours de l'année. En été (de mai à août), les températures sont globalement élevées avec des valeurs comprises entre 22 et 30°C selon la région considérée. En hiver le mois le plus froid correspond au mois de janvier avec une température de l'air toujours inférieure à 17,6°C. Dans certaines régions, comme c'est le cas du district de Moc Chau, les températures mensuelles sont inférieures à 15°C pendant 3 mois de l'année (de décembre à février). Dans les autres régions expérimentales, notamment en zone de basse altitude (delta) les températures mensuelles sont généralement supérieures à 15°C.

Les conditions climatiques de la région nord du Vietnam durant l'été ont globalement toutes les caractéristiques d'un climat tropical et durant l'hiver celles d'un climat tempéré (ou subtropical) sec.

Les différences observées entre les régions expérimentales par rapport aux données climatiques et aux caractéristiques chimiques des sols vont avoir une influence plus ou moins marquée sur l'adaptation des espèces fourragères et par conséquent sur leur potentiel de production de matière verte.

- Adaptation des espèces et détection des maladies

Pour évaluer l'adaptation des espèces fourragères aux conditions agro-climatiques des régions, nous avons observé en détail le comportement des plantes tout au long du cycle productif et reproductif. Ainsi, nous avons examiné les étapes de germination des graines, l'installation du fourrage, la vitesse de croissance après chaque coupe, le recouvrement du sol, la floraison et la production de graines ainsi que certaines caractéristiques morphologiques des plantes (couleur, taille, etc.). La présence de mauvaises herbes, les attaques d'insectes, la détection de maladies et/ou la résistance à la sécheresse ont été également considérés pour évaluer l'adaptation des espèces fourragères tempérées (*Avena strigosa*, *Avena sativa*, *Festuca arundinacea*, *Hordeum vulgare*, *Lolium multiflorum*, *Triticum durum*, Triticale, *Medicago sativa*) et les mélanges d'espèces fourragères (AVEX, FERTIFENO, SPEED-MIX). Dans le Tableau 10, nous présentons les informations concernant certains critères de l'adaptation des espèces tempérées et des mélanges fourragers ainsi qu'une appréciation générale tenant compte les caractéristiques d'adaptation, le potentiel de production et la valeur nutritive des fourrages¹³.

¹³ Les informations sur le potentiel de production fourragère et de graines et la valeur nutritive des espèces tempérées et des mélanges fourragers sont présentées dans l'annexe 6

Tableau 10. Adaptation des espèces tempérées et mélanges fourragers

	Germination	Vitesse de croissance après chaque coupe	Résistance à la sécheresse	Appréciation générale
<i>Avena strigosa</i>	Bonne	Rapide	Oui	+++
<i>Avena sativa</i>	Bonne	Rapide	Oui	+++
<i>Festuca arundinacea</i>	Mauvaise	Lente	Non	- -
<i>Hordeum vulgare</i>	Bonne	Normale	Oui	+
<i>Lolium multiflorum</i>	Normal	Normale	Non	+ -
<i>Triticum durum</i>	Bonne	Normale	Oui	+
Triticale	Bonne	Normale	Oui	+
<i>Medicago sativa</i>	Normal	Normale	Non	+ -
AVEX	Bonne	Rapide	Non	++
FERTIFENO	Normal	Normale	Non	-
SPEED-MIX	Normal	Lente	Non	-

Les informations du Tableau 10 sont issues des essais fourragers en mini parcelles réalisés lors de la première année du projet dans le district de Moc Chau. A l'exception de la *Festuca arundinacea*, la plupart des espèces fourragères a eu une germination correcte. La vitesse de croissance après chaque coupe de fourrage a été rapide dans le cas des deux espèces d'avoine (environ 8 cm/10 jours) et du mélange fourrager AVEX. Inversement, la vitesse de croissance a été lente pour la *Festuca arundinacea* et pour le mélange fourrager SPEED-MIX (environ 2 cm/10 jours). Un mois après le semis, la résistance des plantes aux conditions de sécheresse a été observée pour les espèces d'*Avena*, d'*Hordeum*, de *Triticum* et de Triticale. Les restantes espèces ou mélanges fourragers ont mal résisté aux périodes de sécheresse et nous avons observé la perte d'une partie importante des plantes dans chaque cadrat expérimental.

Les appréciations générales des espèces fourragères tempérées montrent que les deux espèces d'avoine (*strigosa* et *sativa*) ont été celles que se sont mieux adaptées aux conditions agronomiques et climatiques du nord Vietnam. La germination des plantes a eu lieu 5 à 10 jours après l'opération de semis et les plantes ont eu une croissance soutenue pendant la période végétative. Un mois après le



semis, les plantes d'avoine couvrent complètement le sol et atteignent une hauteur d'environ 25 cm. Environ deux mois après le semis les plantes sont suffisamment développées pour que l'on puisse effectuer la première coupe de fourrages. La vitesse de croissance après chaque coupe et l'intervalle entre coupes dépend beaucoup des conditions du milieu, notamment des apports hydriques et de fertilisants. Les plantes fourragères tempérées sont adaptées aux températures froides mais ont besoin pour leur développement d'un apport important en eau, apport souvent couvert par les précipitations hivernales dans les pays à climat tempéré. Or, au Vietnam, la saison froide correspond aussi à la saison sèche, et par conséquent, l'adaptation et le développement des espèces tempérées comme l'avoine pourrait être affecté par le déficit en eau observé pendant cette période.

Dans nos conditions expérimentales, nous n'avons pas observé des différences significatives pour l'adaptation entre les deux espèces d'avoine (*strigosa* et *sativa* ; Tableau 10). Les différences entre ces deux espèces ont été plutôt liées aux aspects productifs, de qualité du fourrage et principalement pour la production de graines (cf. sections suivantes). Etant donné la variabilité des conditions agro climatiques des régions, le comportement de l'avoine n'a pas été le même dans tous les sites expérimentaux mais nous pouvons considérer que globalement les plantes d'avoine se sont adaptées à la majorité des conditions expérimentales. Les meilleurs résultats d'adaptation des plantes d'avoine ont été observés dans les régions de montagne (district de Moc Chau) dus à une meilleure qualité des sols et à un climat plus favorable (frais) pour les plantes tempérées.

Les fourrages d'avoine cultivés au Vietnam ont été quasiment indemnes de maladies et de parasites. Cependant, nous avons observé dans certains essais des attaques ponctuelles de parasites sur les feuilles. Même si l'origine parasitaire n'a pas été confirmée par des observations de laboratoire, nous avons identifié certains symptômes caractéristiques d'une attaque par les champignons du type *Puccinia* et *Septoria* (*Puccinia coronata*, *Puccinia graminis*, *Septoria avenae*). Dans le premier cas, la maladie est caractérisée par des pustules orangées apparaissent sur les feuilles et les tiges. Ces pustules sont constituées de spores qui deviennent noires à la fin de la saison de croissance. Dans le deuxième cas, il s'agit de petites taches brun foncé, rondes à elliptiques lesquelles deviennent brunes à



grisâtres et peuvent atteindre une longueur de 10 mm. Les taches sont bordées d'un halo jaune.

Nous avons noté que la plupart des maladies fongiques se développent généralement plus rapidement lorsque les conditions du terrain sont humides. Ainsi, dans un champ d'avoine, la densité de la végétation fait en sorte que l'humidité est plus élevée à la base des plants et les maladies fongiques auront donc tendance à infecter les feuilles basales et dans un deuxième temps les feuilles supérieures. La lutte contre les maladies du feuillage doit être préventive afin de minimiser ou de retarder les infections des feuilles basales. La rotation des cultures vise à diminuer la quantité de champignons phytopathogènes dans le sol ce qui aura un effet positif sur la diminution du risque d'une infection hâtive. L'utilisation de semences certifiées et traitées avec un fongicide évite d'introduire de nouveaux champignons dans un champ. L'augmentation de la densité de semis et une fertilisation excessive engendrent un couvert végétal dense, environnement des plus favorables pour les maladies foliaires. Des fongicides sont homologués au Vietnam pour lutter contre certaines maladies du feuillage. L'éleveur devra évaluer s'il est économiquement rentable de traiter en cas d'infections graves.

D'autres maladies non parasitaires peuvent être aussi la cause des tâches foliaires. La tache grise de l'avoine peut être la conséquence d'une carence en manganèse. Cette maladie se caractérise par la présence de taches irrégulières, grisâtres à beiges qui peuvent se regrouper, ce qui se traduit par un dessèchement de l'extrémité des feuilles. Ce manque de manganèse peut être la conséquence d'une faible teneur en manganèse dans le sol ou à son oxydation par des microorganismes rendant le manganèse non disponible. Ce désordre est également associé au sol riche en matière organique. La tache grise n'est habituellement pas un problème dans les sols dont le pH est inférieur à 6,0. La tache grise est davantage observée les années de fortes précipitations, dans les sols lourds ainsi que dans les baissières.

Outre les infections par des organismes parasitaires, un ensemble de facteurs non-parasitaires (abiotiques) peut prédisposer les plantes aux maladies fongiques ou avoir des effets négatifs sur la croissance : les carences minérales, comme par exemple la carence en phosphore qui favorise un faible développement racinaire ou une carence en azote qui engendre un jaunissement du feuillage ; le pH acide du sol rendant l'aluminium plus disponible, cet élément pouvant causer un rabougrissement des racines ; les sols lourds et compacts avec drainage et aération inadéquats inhibent la croissance racinaire ; l'excès d'eau favorisant le brunissement et la pourriture des racines et qui provoque l'asphyxie des

plantes (manque d'oxygène) ; inversement la sécheresse inhibe le développement des racines.

- Potentiel de production

L'expression du potentiel productif d'une plante est directement liée à son adaptation aux sols et aux conditions climatiques du milieu. Dans le Tableau 11, nous présentons les principaux paramètres du protocole technique suivi lors des essais en mini parcelles et le potentiel productif des deux espèces d'avoine (*strigosa* et *sativa*) et d'un mélange fourrager appelé AVEX. Les valeurs sont exprimées en tonnes de Matière Verte (MV) par hectare, correspondant aux quantités totales (cumulées) prélevées sur le terrain au moment des coupes successives ; les valeurs exprimées en tonnes de Matière Sèche (MS) par hectare sont obtenues après avoir séché l'échantillon à l'étuve¹⁴.



¹⁴ La quantité de MS produite est égale à la quantité de MV multipliée par le taux de MS de l'échantillon

Tableau 11. Informations techniques et potentiel productif des fourrages dans chaque région expérimentale (essais en mini parcelles)

Espèce fourragère	province	district	Date semis	Irrigat ion	Fertilisation (kg N/ha)	Coupes		Production (tonnes/ha)	
						nombre	Intervale (jours)	Matière Verte	Matière Sèche
<i>A. strigosa</i>	Ha Noi	Tu Liem	Nov.	Non	170	3,4	45	27,1 ^b	4,4 ^b
	Hoa Binh	Luong Son	Oct.	Non	130	3,0	53	13,1 ^c	2,1 ^c
		Tan Lac	Oct.	Non	210	4,0	45	25,3 ^b	4,1 ^b
	Son La	Moc Chau	Sep.	Non	200	4,2	53	36,0 ^{ab}	5,8 ^{ab}
				Oui	210	4,0	53	53,1 ^a	8,6 ^a
	MOYENNE				184	3,7	50	30,9	5,0
<i>A. sativa</i>	Ha Noi	Tu Liem	Oct.	Non	140	3,0	46	28,0 ^b	4,5 ^b
	Hoa Binh	Luong Son	Oct.	Non	115	2,8	52	17,1 ^c	2,7 ^c
				Oui	120	3,0	53	30,9 ^b	4,9 ^b
		Tan Lac	Oct.	Non	210	4,0	49	30,2 ^b	4,8 ^b
				Oui	210	4,0	49	32,9 ^b	5,3 ^b
	Son La	Moc Chau	Sep.	Non	200	4,5	49	36,9 ^b	6,0 ^b
				Oui	210	4,0	53	80,1 ^a	12,8 ^a
	MOYENNE				172	3,6	50	36,6	5,9
	Mélange fourrager AVEX	Bac Ninh		Nov.	Non	90	2,5	45	49,8 ^b
Ha Nam			Nov.	Non	90	2,5	50	86,3 ^a	11,6 ^a
Ha Noi			Oct.	Non	100	2,5	51	46,5 ^b	6,3 ^b
Ha Tay			Nov.	Non	70	2,0	46	55,0 ^b	7,4 ^b
Vinh Phuc			Nov.	Non	70	2,0	65	47,7 ^b	6,5 ^b
MOYENNE				84	2,3	51	57,1	7,7	

Les valeurs de chaque espèce ou mélange fourrager avec différentes lettres dans la même colonne diffèrent de manière significative à $P < 0,05$

Note : Le mélange fourrager AVEX est une association de deux graminées tempérées (*Avena strigosa* et *Lolium multiflorum*) et de deux légumineuses tempérées (*Vicia villosa* et *Trifolium*). Etant donné que dans la composition du mélange AVEX il existe 50% (poids/poids) d'avoine *strigosa* et que ce mélange a été utilisé dans plusieurs provinces autour de Hanoi¹⁵, nous avons décidé de montrer dans le présent rapport, à titre indicatif, les résultats fourragers obtenus. Malgré une prédominance de l'espèce avoine *strigosa* dans le mélange AVEX, les données de production fourragère ne peuvent cependant pas être comparées directement avec celles issues des essais avec uniquement l'espèce avoine

¹⁵ Essais réalisés dans le cadre des activités du « Vietnam Belgium Dairy Project (2005 – 2009) »

strigosa. D'une part, la quantité totale de matière verte produite dans le mélange AVEX correspond à l'association graminée – légumineuse et nous sommes incapables à ce jour de calculer la quantité de matière verte provenant uniquement de l'avoine *strigosa*. D'autre part la densité de semis pour l'avoine *strigosa* dans le mélange AVEX a été seulement de 25 kg/ha (vs 60 kg/ha dans le cas des essais avec l'avoine *strigosa*).

D'après les résultats des essais en mini parcelles, nous obtenons une valeur de production fourragère moyenne d'avoine *strigosa* de l'ordre de 30,9 tonnes MV/ha (5,0 tonnes de MS/ha). Cette quantité totale de fourrage est obtenue après 3 à 4 périodes de coupes, sur une période de temps qui varie de 150 à 180 jours (5 à 6 mois). C'est important de remarquer que la production moyenne d'herbe verte à l'hectare correspond à une valeur moyenne observée lors des nombreux essais réalisés dans plusieurs districts du Vietnam pendant les cinq dernières années. Cependant, selon les différentes caractéristiques des sols et les conditions climatiques des régions, nous avons enregistré des productions de fourrages d'avoine *strigosa* variant d'un minimum de 13,1 tonnes MV/ha (district de Luong Son) jusqu'à un maximum de 53,1 tonnes MV/ha sous irrigation (district de Moc Chau). La production observée en zone de montagne a été généralement plus importante que celle observée en zone de delta. Les meilleurs résultats observés dans les régions de montagne sont en partie liés aux conditions climatiques, notamment la température moyenne inférieure à 15°C pendant 3 mois de l'année, conditions plus adaptées au développement des espèces fourragères tempérées. D'autre part, la qualité des sols, notamment l'équilibre en cations échangeables et la qualité de la matière organique (rapport C/N), permet de meilleures conditions pour la croissance et le développement des plantes. Sur les régions autour de Hanoi, les températures moyennes plus élevées (autour de 20°C) ont probablement eu un effet négatif sur le développement des espèces tempérées. L'effet de l'irrigation des parcelles est très significatif pour l'avoine *strigosa* comme nous l'avons démontré dans la section précédente. En fait, la production de fourrage vert a été multipliée par 1,4 lorsque les mini parcelles ont été irriguées. Si nous considérons l'intervalle de temps entre la première et la dernière coupe de fourrages (150 jours), la quantité journalière de fourrages produits à l'hectare est d'environ 206 kg MV (33 kg MS).



La production fourragère moyenne de l'avoine *sativa* en mini parcelles a été de 36,6 tonnes MV/ha (5,9 tonnes de MS/ha) et supérieure de 18% par rapport à celle de l'espèce

strigosa. Cette quantité est tout à fait comparable à celles obtenues en Europe s'échelonnant de 5 à 10 tonnes de MS/ha selon la qualité des sols et le climat considérés. Les principaux paramètres du protocole technique utilisé ont été similaires pour les deux espèces d'avoine, notamment le nombre de coupes réalisées (3,7 coupes), l'intervalle entre deux coupes (environ 50 jours) ainsi que la fertilisation azotée totale (environ 180 kg d'azote/ha). Les différences de potentiel productif entre les régions expérimentales ont été moins importantes dans le cas de l'avoine *sativa* à l'exception de la région de Luong Son où des rendements de matière verte ont été très faibles (17,1 tonnes/ha). Ceci pourra être dû à la localisation des sites expérimentaux à Luong Son qui ont été installés dans les terrains à forte pente, avec une importante érosion des nutriments du sol.

L'impact de l'irrigation des parcelles sur la production fourragère d'avoine *sativa* a été variable. Dans les zones de delta la production fourragère a augmenté d'environ 80% (17,1 vs 30,9 tonnes MV/ha) quand nous avons utilisé l'irrigation pendant toute la période de développement fourrager. Les résultats de l'effet de l'irrigation ont été encore plus spectaculaires dans la région de Moc Chau avec des rendements fourragers qui ont atteint 80 tonnes MV/ha, plus que deux fois plus la production obtenue dans les parcelles non irriguées. Curieusement dans une autre région montagneuse (Tan Lac) l'effet de l'irrigation sur la production fourragère n'a pas été observé ce qui suggère que l'eau n'a pas été le facteur limitant pour le développement des plantes. Ceci pourrait être expliqué par un taux d'humidité atmosphérique élevé et par des pluies abondantes pendant l'hiver qui a permis un développement régulier des plantes dans les deux conditions expérimentales (irrigation et non irrigation) et masqué l'effet potentiel d'un apport supplémentaire en eau par l'irrigation des parcelles. Si nous considérons l'intervalle de temps entre la première et la dernière coupe de fourrages (150 jours), la quantité journalière de fourrages d'avoine *sativa* produits à l'hectare est d'environ 244 kg MV (39 kg MS).

En ce qui concerne le mélange fourrager AVEX, la production fourragère moyenne en mini parcelles a été de 57,1 tonnes MV/ha avec des différences significatives entre régions expérimentales. Le maximum de production fourragère a été obtenu dans la province de Ha Nam (86,3 tonnes MV/ha) et le minimum a été observé dans la province de Hanoi (46,5 tonnes MV/ha). La province de Ha Tay a eu une valeur de production fourragère proche de la moyenne (55,0 tonnes MV/ha) mais seulement 60% des rendements observés à Ha Nam. Malgré



l'impossibilité de comparer directement les données issues des essais avec l'AVEX avec celles observées pour l'avoine lors des essais « mono espèce », nous confirmons que le potentiel productif des espèces tempérées, notamment l'avoine, est aussi réel dans les régions de basse altitude comme dans le delta du fleuve rouge (provinces autour de Hanoi). Cependant à cause des conditions climatiques des régions de delta et des contraintes liées à l'occupation de l'espace agricole par d'autres cultures (riz, maïs, légumes, etc.), la période d'utilisation des fourrages tempérés est généralement plus courte (environ 3 mois) avec une date de semis en octobre/novembre. Ceci ne permet pas de valoriser totalement le potentiel productif des fourrages tempérés car seulement deux coupes de fourrages sont effectuées.

Si nous considérons maintenant les résultats de production fourragère mesurés chez certains éleveurs dans plusieurs provinces où les essais de moyenne dimension ont été réalisés, les données confirment (ou dépassent) de façon nette les résultats expérimentaux obtenus lors des essais en mini parcelles. Dans le Tableau 12, nous présentons les principaux paramètres du protocole technique suivi par les éleveurs et le potentiel productif des deux espèces d'avoine (*strigosa* et *sativa*).

Tableau 12. Informations techniques et potentiel productif des fourrages dans chaque région expérimentale (essais chez les éleveurs)

Espèce fourragère	province	Nombre d'éleveurs suivis	Date semis	Coupes		Production (tonnes/ha)	
				nombre	Intervale (jours)	Matière Verte	Matière Sèche
<i>A. strigosa</i>	Hoa Binh	18	Oct.	2,0	57	15,4 ^b	2,5 ^b
	Son La	31	Sep./oct.	2,3	56	57,4 ^a	9,3 ^a
	MOYENNE			2,2	57	36,4	5,9
<i>A. sativa</i>	Bac Ninh	4	Nov.	2,5	33	57,1 ^b	9,1 ^b
	Ha Nam	1	Oct.	2,0	34	81,5 ^a	13,0 ^a
	Ha Tay	2	Oct.	2,0	41	61,8 ^b	9,9 ^b
	Son La	15	Oct.	2,4	53	60,0 ^b	9,6 ^b
	MOYENNE			2,2	40	65,1	10,4

Les valeurs de chaque espèce fourragère avec différentes lettres dans la même colonne diffèrent de manière significative à $P < 0,05$

Les résultats moyens de production d'avoine *strigosa* chez les éleveurs, obtenus après 2 à 3 périodes de coupes et sur une période de temps qui varie de 110 à 160 jours (4 à 5 mois), a été de 36,4 tonnes de MV/ha (5,9 tonnes MS). Cette valeur moyenne a été très

influencée par les mauvais résultats (15,4 tonnes MV/ha) obtenus dans la province de Hoa Binh (district de Luong Son). De ce fait nous devons relativiser cette valeur de production moyenne avec l'avoine *strigosa* car, d'une part les éleveurs de Luong Son ont généralement utilisé des sols très pauvres pour réaliser les essais avec l'avoine *strigosa*, et d'autre part ils n'ont pas suivi correctement le protocole technique proposé.

Si nous considérons la moyenne de production obtenue avec les 32 éleveurs de la province de Son La (district de Moc Chau) pendant les trois dernières années, nous obtenons une valeur plus proche des conditions optimales de production de l'avoine *strigosa* (57,4 tonnes MV/ha). Par ailleurs cette valeur correspond à environ deux fois celle observée chez les essais en mini parcelles (30,9 tonnes MV/ha). Cette différence significative entre les deux types d'essais est probablement due aux caractéristiques des sols, notamment leur



fertilité et structure, ainsi qu'à la gestion des fourrages et au protocole technique utilisé par les éleveurs de Moc Chau. Lors des essais en mini parcelles nous avons sélectionné des terrains avec des sols représentatifs des conditions agronomiques de chaque région. Ainsi, les sols utilisés pour les essais en mini parcelles étaient des sols « standard ». Cependant lors des essais en moyenne dimension à Moc Chau, nous avons constaté que généralement les éleveurs ont choisi les meilleurs sols dont ils disposaient pour la production de fourrages tempérés.

En ce qui concerne le protocole technique, nous avons également observé certaines différences entre celui utilisé lors des essais en mini parcelles (protocole « standard ») et ceux adoptés par les éleveurs de Moc Chau dans les essais de moyenne dimension. Nous rappelons ici que l'un des objectifs majeurs des essais en moyenne dimensions a été d'accompagner l'adoption et/ou l'appropriation de l'innovation technique par les éleveurs. C'est pour cette raison que nous avons laissé aux éleveurs le choix du protocole technique, selon leurs connaissances et pratiques de gestion des fourrages. Les grandes différences de protocole technique observées ont été celles liées à la fertilisation des fourrages et à l'intervalle entre coupes. Par rapport à la fertilisation, beaucoup d'éleveurs à Moc Chau ont utilisé des quantités considérables d'engrais organiques (fumier) dont ils disposaient sur leur exploitation. Comme nous avons démontré lors dans un essai en mini parcelles réalisé dans la province de Hanoi (district de Tu Liem) avec l'avoine *strigosa*, un apport de 10 tonnes de fumier/ha au moment du semis a sensiblement doublé la production fourragère des parcelles

par rapport aux parcelles qui n'ont pas reçu de fumier (cf. section III.1 Protocole technique). De plus certains éleveurs à Moc Chau ont utilisé des grandes quantités de fertilisant azotés, sous forme d'urée, après chaque coupe de fourrages. Dans les essais en mini parcelle nous avons utilisé un apport de 40 kg N/ha, mais certains éleveurs ont employé 1,5, voire 2 fois, cette quantité d'azote dans leurs champs (60 à 80 kg N/ha) après chaque coupe de fourrage. La présence d'éléments nutritifs dans les sols, notamment l'azote, est certainement responsable des meilleurs résultats productifs observés dans les essais chez les éleveurs dans la province de Son La. L'intervalle entre coupes pratiqué par les éleveurs à Moc Chau a été aussi légèrement supérieur à celui utilisé lors des essais en mini parcelles (57 *vs* 50 jours). Lors d'un essai en mini parcelles nous avons observé que, si l'intervalle entre deux coupes augmente la production fourragère totale augmente aussi.

En ce qui concerne l'avoine *sativa*, les résultats de production fourragère des essais de moyenne dimension chez les éleveurs ont été également meilleurs (supérieurs) à ceux observés lors des essais en mini parcelles (65,1 *vs* 36,6 tonnes MV/ha, respectivement). Les explications utilisés auparavant pour l'avoine *strigosa* à Moc Chau restent valables pour justifier les différences observées avec l'avoine *sativa*, même si les différences de production entre les deux types d'essais ont été plus faibles (environ 50%) dans ce dernier cas. Si nous considérons l'intervalle de temps entre la première et la dernière coupe de fourrages d'avoine *sativa* (environ 80 jours), la quantité journalière de fourrages produits à l'hectare a été d'environ 810 kg MV (130 kg MS).



Malgré les bons résultats observés chez la majorité des éleveurs suivis, nous avons malheureusement constaté que dans certains cas, comme par exemple à Luong Son, la production fourragère des espèces d'avoine a été très faible, voir nulle. Il convient rappeler que la production fourragère d'une espèce donnée est le résultat d'un ensemble de facteurs environnementaux (sols, climat) et de facteurs humains (gestion et soin des cultures fourragères) qui influencent de façon plus ou moins significative les rendements. Si tous les facteurs de production sont favorables et proches de l'optimum pour les besoins des plantes, la production fourragère sera conséquente et soutenue. Si, au contraire, les conditions agro climatiques ne sont pas convenables pour le développement des plantes et le protocole

technique utilisé par l'éleveur ne parvient pas à compenser les difficultés environnementales, la production fourragère sera nécessairement très faible.

Nous avons constaté que dans la majorité des cas où les mauvais résultats fourragers ont été observés, le protocole technique utilisé par l'éleveur était complètement inadapté aux besoins des plantes. Certains éleveurs n'ont pas préparé le sol correctement et ont laissé les graines en surface de la terre lors de l'opération de semis. Alors que pour la germination des graines, des conditions optimales d'humidité et de température sont nécessaires, un mauvais semis entraîne une faible proportion de plantes viables. De plus, les graines qui restent à la surface du sol après le semis seront facilement détruites par des insectes, rongeurs ou oiseaux. Dans d'autres cas, nous avons constaté que les éleveurs n'ont jamais arrosé le champ après l'opération de semis, notamment lorsque les conditions climatiques étaient très sèches. Comme nous avons montré dans la précédente section (III.1 Protocole technique), une fois le processus de germination démarré, il faut impérativement éviter le dessèchement de la surface du sol. Si les éleveurs ne respectent pas cette règle essentielle pour la vie des plantules, le développement ultérieur des plantes sera faible. Finalement, nous avons aussi remarqué que certains éleveurs n'ont jamais appliqué des fertilisants sur leurs champs de fourrages et n'ont pas protégé correctement la parcelle contre les animaux en divagation. Les résultats fourragers obtenus lors d'une mauvaise gestion de la parcelle ne sont pas satisfaisants mais ils ne doivent pas mettre en cause nos conclusions sur les potentialités et l'intérêt que les espèces fourragères tempérées représentent pour résoudre le déficit fourrager en hiver au nord du Vietnam.

Mis à part les aspects purement quantitatifs de la production fourragère d'avoine, la qualité des fourrages est également un élément très important à considérer dans le cas de l'alimentation d'animaux à forts besoins nutritifs comme c'est le cas des vaches laitières en lactation. Nous allons présenter dans la section suivante les résultats qualitatifs des fourrages d'avoine produits au Vietnam pendant la période d'hiver.

III.3 QUALITE DES FOURRAGES

La qualité d'une plante fourragère peut être évaluée par sa composition chimique (protéines, énergie, fibres, etc.) et/ou par sa valeur nutritive (énergétique, protéique) qui correspondent à la façon dont le ruminant utilise (digère) les nutriments présents dans les fourrages. Conscients de l'importance de la qualité des fourrages pour l'alimentation animale,

nous nous sommes intéressés, depuis le début des essais, à mesurer la composition chimique des échantillons de fourrage. Cet aspect a été un critère majeur pour la sélection des espèces fourragères tempérées pour cultiver au Vietnam (optique qualitative).

- Composition chimique

L'évaluation de la composition chimique des fourrages tempérés a été réalisée au laboratoire d'analyses d'aliments de l'Institut d'Elevage en utilisant les techniques d'analyse classiques et la technique de prédiction par spectrométrie en proche infrarouge (SPIR). Cette technique permet de connaître de façon très rapide et peu coûteuse la composition chimique des aliments pour les animaux. Les coefficients de validation statistique (R^2) des équations de prédiction développées pour estimer les principaux paramètres de la composition chimique des fourrages ont été élevés, de l'ordre de 0,98 pour la protéine brute et de 0,87 pour les fibres (NDF). Ces coefficients indiquent que les prédictions réalisées avec l'appareil SPIR sont très précises.

Dans ce rapport, nous avons décidé de présenter uniquement les valeurs moyennes issues de tous les essais réalisés dans plusieurs provinces et districts car les différences de composition chimique observées entre les sites expérimentaux sont principalement liées au choix du protocole technique (intervalle entre coupes, irrigation, fertilisation, etc.), et dans une moindre mesure à la localisation géographique des parcelles. La composition chimique d'une espèce fourragère donnée est principalement liée à la composante génétique. L'effet du milieu (environnement) sur la composition chimique peut se faire sentir dans certaines limites qui dépendent notamment du protocole technique employé et des conditions agro climatiques des régions (fertilité des sols, température et pluviométrie).

Lors des essais que nous avons réalisés dans la province de Hoa Binh (district de Tan Lac), pour évaluer l'impact du protocole technique de l'avoine *strigosa* (densité de semis, fertilisation de couverture et intervalle entre coupe) sur la composition chimique des fourrages, nous avons constaté peu de différences significatives entre les traitements testés, à l'exception de l'intervalle entre coupes. En termes qualitatifs, les différences entre les trois niveaux de densité de semis (40, 60 et 80 kg/ha) ont été presque inexistantes. Nous avons observé uniquement une légère augmentation (+7%) de la teneur en protéine totale du fourrage quand la densité de semis a été plus faible par rapport à une densité de semis plus élevée. De la même façon, nous avons observé une légère amélioration (+12%) de la teneur en protéine totale du fourrage quand le niveau de fertilisation a été plus élevé (80 kg N/ha après chaque coupe) par rapport à un niveau de fertilisation plus faible (40 kg N/ha). Cependant, nous n'avons pas observé des différences entre traitements par rapport aux

autres composants chimiques majeurs des fourrages (énergie et cellulose). En ce qui concerne l'intervalle entre coupes, les différences de composition chimique ont été plus évidentes et significatives. Quand les fourrages ont été coupés à des intervalles de 30 jours les teneurs en protéine et en énergie brutes ont été supérieures (40 et 10%, respectivement) par rapport aux fourrages récoltés à 60 jours d'intervalle. Au contraire la teneur en cellulose brute a été inférieure de 10% pour les fourrages coupés à 30 jours d'intervalle (par rapport à 60 jours d'intervalle). En général une plante moins âgée est plus riche en constituants protéiques et en énergie et moins riche en éléments fibreux (la qualité nutritive diminue au long du temps).

Dans le Tableau 13, nous présentons les résultats moyens des principaux paramètres de la composition chimique des échantillons de fourrage d'avoine (*strigosa* et *sativa*) issus de l'ensemble des essais expérimentaux.

Tableau 13. Composition chimique des échantillons de fourrage (valeurs moyennes)

Espèce fourragère	n	Matière Sèche (MS)	(% MS)			Energie brute (kcal)
			Protéine brute	NDF	Cellulose	
<i>A. strigosa</i>	276	16,2	20,6 ^a	53,5 ^b	26,9	4 372 ^a
<i>A. sativa</i>	77	16,0	17,5 ^b	55,8 ^a	27,1	4 271 ^b

Les valeurs avec différentes lettres dans la même colonne diffèrent de manière significative à $P < 0,05$

Un aspect important à retenir par rapport à la composition chimique de l'avoine est, d'une part sa richesse en protéines et en énergie, d'autre part une teneur faible en fibres (NDF, cellulose). La teneur en protéine brute (N x 6,25) des fourrages d'avoine a été élevée (19,1% en moyenne) mais significativement supérieure dans le cas de l'espèce *strigosa* par rapport à l'espèce *sativa*. La teneur en protéine des fourrages tempérés est un facteur très important à prendre en compte, puisque actuellement au Vietnam le manque d'espèces fourragères de qualité, limite la production laitière, notamment pour les vaches laitières de moyenne/haute productivité. Une vache laitière produisant plus de 4 000 kg de lait par lactation devrait avoir accès à des fourrages avec une teneur en protéine brute supérieur à 14%. Cette teneur en protéine permettra l'optimisation du potentiel génétique des animaux et évitera l'utilisation de grandes quantités d'aliment concentré. Un excès d'aliment concentré dans la ration des vaches laitières diminue d'une part l'efficacité économique de



l'exploitation et, d'autre part, peut causer des perturbations digestives ou des problèmes de santé aux animaux (acidose, troubles articulaires, fourbure).

Les teneurs en NDF (Neutral Detergent Fibre) ont été significativement supérieures pour l'avoine *sativa* par rapport à l'avoine *strigosa*, mais les teneurs en cellulose ont été similaires pour les deux espèces d'avoine. La teneur d'un fourrage en fibres est aussi une caractéristique importante à prendre en compte car elle limite l'utilisation digestive et a une influence sur la capacité d'ingestion de l'animal. Un fourrage avec une teneur en NDF élevée entraîne une diminution de l'ingestion par l'animal car le fourrage est trop volumineux. Inversement, un fourrage avec une faible proportion de NDF sera beaucoup plus ingéré par l'animal.

L'énergie brute des fourrages d'avoine *strigosa* a été légèrement supérieure (2%) par rapport à celle de l'avoine *sativa*. L'énergie d'un fourrage mesure son aptitude à soutenir les besoins d'entretien, d'activité et de production (lait, viande, gestation, etc.) des animaux. Un fourrage avec une teneur élevée en énergie correspond à un fourrage de bonne qualité.

Si nous comparons les données de composition chimique de l'avoine avec celles des espèces fourragères tropicales, notamment le *Pennisetum purpureum* (herbe à éléphants) largement utilisé au Vietnam, nous constatons que la teneur en protéine brute de l'avoine est 44% supérieure à celle de l'herbe à éléphants (19,1 vs 13,2% PB, respectivement) ; la teneur en énergie brute de l'avoine est 4% supérieure à celle de l'herbe à éléphants (4 320 vs 4 150 kcal EB, respectivement) ; et la teneur en NDF de l'avoine est 16% inférieure à celle de l'herbe à éléphants (55 vs 65% NDF, respectivement).

▪ Valeur nutritive

La valeur nutritive des fourrages est directement liée à sa composition chimique et correspond à la valorisation faite par l'animal des nutriments présents dans les fourrages. Les données de valeur nutritive présentées dans le Tableau 14 ont été calculées selon le système français d'évaluation des aliments pour les ruminants, à partir d'équations de prédiction basées sur un grand nombre d'essais d'alimentation *in vivo*. La valeur énergétique est représentée par les unités fourragères lait (UFL) et la valeur protéique est mesurée par les protéines digestibles dans l'intestin (PDI). Le système PDI prend en compte la part dégradable de l'azote alimentaire et ses possibilités de conversion en protéines microbiennes. Une partie des protéines présentes au niveau de l'intestin grêle ont une origine alimentaire (PDIA) et d'autres une origine microbienne (PDIM). Quantitativement, ces dernières sont liées à l'intensité de production de protéine microbienne qui connaît comme facteur limitant soit la disponibilité en azote dégradable (PDIMN) soit la fourniture suffisante

d'énergie utile (PDIME). La valeur PDIN correspond à la somme de PDIA + PDIMN et la valeur PDIE correspond à la somme de PDIA + PDIME. En pratique il faut retenir que la plus faible valeur d'entre les deux (PDIN ou PDIE).

Tableau 14. Valeur nutritive des échantillons de fourrage (valeurs moyennes)

Espèce fourragère	n	UFL	PDI (g/kg MS)		
			PDIA	PDIN	PDIE
<i>A. strigosa</i>	276	0,80	58 ^a	133 ^a	111 ^a
<i>A. sativa</i>	77	0,80	47 ^b	110 ^b	98 ^b

Les valeurs avec différentes lettres dans la même colonne diffèrent de manière significative à $P < 0,05$

Comme nous pouvons constater, les différences de valeur nutritive des deux espèces d'avoine sont faibles car la composition chimique est similaire entre l'avoine *strigosa* et *sativa*. Cependant l'avoine *strigosa* a une valeur protéique significativement supérieure à celle de l'avoine *sativa* à cause de sa plus grande richesse en protéines brutes. A titre indicatif, les valeurs nutritives pour l'herbe à éléphants cultivée au Vietnam sont d'environ 0,71 pour l'UFL, 40 g/kg MS pour le PDIA, 84 g/kg MS pour le PDIN et 85 g/kg MS pour le PDIE.

A partir de ces données de valeur nutritive et si nous prenons en compte la capacité d'ingestion potentielle d'une vache laitière (en fonction de son poids vif) et l'ingestibilité du fourrage (en fonction des unités d'encombrement), nous pouvons calculer la quantité maximale d'avoine que l'animal pourra théoriquement consommer. Par exemple, pour une vache laitière de 600 kg de poids vif, nous obtenons une ingestion maximale de fourrage d'avoine d'environ 17 kg de MS (100 kg de MV). D'après la valeur nutritive moyenne des fourrages d'avoine et en prenant compte les besoins d'entretien de l'animal, la production potentielle de lait sera de l'ordre de 16 kg par jour sans faire appel à l'utilisation d'aliment concentré.

La qualité d'une plante fourragère pourra aussi être évaluée par sa capacité reproductive, c'est-à-dire par sa capacité à produire des graines fertiles. Dans la section suivante du rapport nous allons présenter les principaux résultats expérimentaux obtenus sur la production de graines (semences) d'avoine fourragère au Vietnam.

III.4 PRODUCTION DE GRAINES

L'avoine est une plante à cycle annuel qui nécessite d'être semée tous les ans avec des nouvelles graines. La production de graines d'avoine au niveau de la ferme a comme principal avantage permettre à l'éleveur une indépendance vis-à-vis l'approvisionnement de graines de l'extérieur. Pour ce faire il est fondamental de garder une partie de la surface totale (minimum 5%) où aucune coupe de fourrages ne sera réalisée depuis l'opération de semis.

Aujourd'hui les espèces fourragères d'avoine ne font pas encore partie de la liste officielle des plantes fourragères du Vietnam et l'utilisation de l'avoine n'est strictement autorisée qu'à des fins de recherche. Etant donné que l'importation des graines avec un objectif commercial n'est pas encore possible, la production locale des graines reste la seule option viable pour les éleveurs qui souhaitent développer cette culture fourragère tempérée.

- Potentiel reproductif et essais en cours

Dans nos conditions expérimentales, la floraison des plantes d'avoine a commencée généralement 3 mois après la germination des plantes mais elle varie selon l'espèce utilisée (et les variétés) mais aussi selon les conditions climatiques. L'avoine *strigosa* variété Saia a été beaucoup plus précoce que l'avoine *sativa* variété Boa Fé (d'origine Portugaise) mais légèrement moins précoce que l'avoine *sativa* d'origine Australienne (variété Swan). Le démarrage de la floraison des plantes des deux espèces a été très lié aux conditions climatiques, notamment température et pluviométrie, des régions où les essais ont été réalisés. La floraison a été plus rapide (2,5 mois après germination) quand les températures ont été plus élevées et avec un temps sec (plantes en stress hydrique). Au contraire nous avons observé que la même espèce (et variété) d'avoine a démarré sa floraison un mois plus tard (3,5 mois après germination) quand les conditions climatiques étaient plus fraîches et humides.



La pollinisation des fleurs (reproduction), le remplissage et la maturation des graines ont été également influencés par les conditions climatiques des régions (vent, ensoleillement, température, pluviométrie, etc.). Bien que toutes les feuilles de la plante contribuent au remplissage des graines, il demeure que les feuilles situées dans la partie supérieure de la

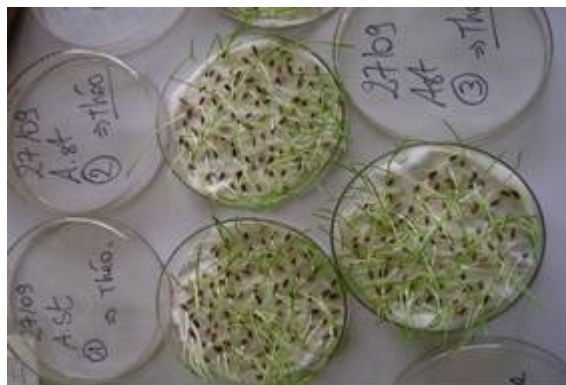
plante, principalement la feuille étendard (la plus jeune feuille), contribuent à plus de 50% pour le développement des graines. Puisque que la feuille étendard est située à l'extrémité de la plante, elle reçoit donc plus de lumière, élément à la base de la photosynthèse. Quant à la photosynthèse, elle est responsable de la synthèse des hydrates de carbone, lesquels sont directement impliqués pour le remplissage des graines. Quand la quantité de lumière (ensoleillement) reçue par la plante a été faible pendant cette période du cycle reproductif, la photosynthèse a été affaiblie ce qui a eu un effet négatif important sur le développement des graines. Dans nos conditions expérimentales la maturation complète des graines des deux espèces a eu lieu en moyenne 60 jours après la floraison, mais cette période a été particulièrement influencée par la température ambiante.

Nous présentons dans le Tableau 15 les résultats moyens de la production de graines issus de l'ensemble des essais expérimentaux réalisés en mini parcelles avec l'avoine *strigosa* (variété Saia) et l'avoine *sativa* (variété Boa Fé).

Tableau 15. Résultats moyens du potentiel reproductif des fourrages tempérés

Espèce fourragère	variété	Floraison (mois après semis)	Production de graines (kg/ha)	Pouvoir germinatif (%)
<i>A. strigosa</i>	Saia	3	1 921	65,1
<i>A. sativa</i>	Boa Fé	5	414	40,4

La production de graines d'avoine *strigosa* atteint environ 2 000 kg/ha ce qui correspond à un rendement satisfaisant pour cette espèce fourragère. Si nous considérons cette valeur et en utilisant une densité de semis de 60 kg/ha, l'éleveur récolte une quantité de graines théoriquement suffisantes pour ressemer (ou stocker) environ 30 ha de terrain l'année suivante. Cependant, la production de graines des plantes n'est pas un critère suffisant pour déterminer le potentiel reproductif des espèces. Il convient de considérer également le



pourcentage de graines vides dans les lots de semences produites et le pouvoir germinatif des graines remplies (dures). Ainsi lors des tests de pouvoir germinatif réalisés en boîte de pétri avec les graines de deuxième génération, le pourcentage de graines germées après 8 jours a été seulement de 65%. Concernant l'avoine *sativa* (variété « Boa Fé »), nos résultats expérimentaux en mini parcelles ont été nettement inférieurs par rapport à la capacité reproductive de cette espèce (mais avec une production fourragère plus conséquente comme

nous avons vu dans la section III.2 Production fourragère). Depuis l'année 2006 nous avons utilisé une deuxième variété d'avoine *sativa* d'origine Australienne appelée « Swan ». Cette variété est beaucoup plus précoce que celle utilisée auparavant avec un début de floraison des plantes entre 2,5 et 3 mois après la germination, et variable selon les conditions climatiques de la région. En termes de production de graines, les premiers résultats des essais en moyenne dimension chez les éleveurs ont atteint 2 700 kg de graines/ha. Cependant ceci devrait encore être confirmé par des essais en mini parcelles avec des conditions expérimentales bien précises.

Malgré certains résultats ponctuels intéressants avec les deux espèces d'avoine, l'ensemble des observations réalisées sur le terrain n'a pas été entièrement satisfaisant et conclusif par rapport au potentiel reproductif des espèces d'avoine dans les conditions du nord du Vietnam. Certaines années, et dans certaines régions, la production de graines a été importante, mais inversement pour d'autres années et dans d'autres régions la production de graines a été très faible ou même inexistante. Il convient de préciser que les premières années d'expérimentation avec les espèces d'avoine ont été essentiellement orientées pour la production fourragère. Les observations que nous avons réalisées sur la production de graines tempérées étaient complémentaires car le but principal n'était pas celui de produire de graines d'avoine au Vietnam mais des fourrages de qualité pendant la période d'hiver. D'après nos observations sur le terrain, trois hypothèses ont été proposées pour justifier la grande variabilité des résultats : (1) les conditions climatiques inadéquates aux étapes de pollinisation des fleurs et de remplissage des graines. Le manque de lumière (ensoleillement) provoqué par des journées de brouillard intense diminue l'activité de photosynthèse des feuilles et le manque d'eau (pluies) pendant cette période diminue la capacité de remplissage des graines ; (2) l'attaque réalisée par des oiseaux aux panicules des plantes en floraison ou au moment de la formation des graines ; (3) le manque d'une fertilisation adéquate, notamment les apports en phosphore et en potassium, qui sont essentielles pour la capacité reproductive des plantes.

En vue de déterminer les potentiels effets de certains paramètres du protocole technique spécifiques pour la production de graines d'avoine nous avons mis en place cet hiver (octobre 2007) dans la province de Hanoi (district de Tu Liem) un essai en mini parcelles avec l'avoine *sativa* (variété Swan). Le dispositif expérimental est similaire à celui décrit dans la section II.2 (Essais fourragers en mini parcelles) du rapport. Les variables étudiées sont l'irrigation, la fertilisation et la protection des parcelles contre les oiseaux. En ce qui concerne l'irrigation, nous testons l'effet d'une irrigation régulière (environ 30 litres/m²/semaine) pendant toute la durée de l'essai. Ainsi nous avons des cadrats d'avoine *sativa* irrigués et des

cadrats non irrigués. Par rapport à la fertilisation de fond, nous testons deux niveaux d'apports de phosphate et de potassium au moment du semis (60 kg *vs* 120 kg de P₂O₅ et de K₂O/ha). La troisième variable expérimentale concerne la protection totale des cadrats en utilisant un filet métallique de façon à empêcher l'entrée des oiseaux. Une moitié du dispositif expérimental est protégée et l'autre moitié ne dispose d'aucune protection. Cet essai étant en cours et les plantes d'avoine étant actuellement dans la phase de remplissage des graines, nous ne disposons pas encore des résultats sur la production de graines selon les différentes variables étudiées.

- Détection de maladies

L'avoine peut être aussi affectée par des maladies causant des symptômes sur les épis et les grains. Tout comme pour le feuillage les maladies affectant les épis peuvent être regroupées en deux catégories en se basant sur la visualisation de signes ou sur la présence d'un symptôme seulement.

Dans le premier groupe, nous retrouvons des maladies fongiques avec des signes sur épis « Charbon ». Les grains dans les épis affectés par le charbon sont remplacés par des masses de spores ayant une apparence poudreuse et noire. Le charbon est qualifié de charbon couvert lorsque la glume n'est pas entièrement détruite et qu'une fine membrane blanchâtre non opaque laisse entrevoir la masse de spores noires. Quant au charbon nu, tout le grain est complètement détruit et la masse de spores noires n'est pas enveloppée par une membrane. Les champignons causant le charbon chez l'avoine sont l'*Ustilago avenae* et l'*Ustilago segetum*. Dans le deuxième groupe, l'avortement des épis peut être provoqué par des facteurs parasites (champignons et virus) ou par facteurs non parasites (sécheresse). Le dépistage de ces maladies ne peut être possible qu'au moment de l'épiaison. Dans le cas des charbons, bien que l'infection se produise au stade plantule, la croissance de la plante apparaîtra normale jusqu'à l'épiaison. Lors des essais de moyenne dimension réalisés en 2005/2006, nous avons observé un certain nombre de cas d'infestations provoquées probablement par l'*Ustilago avenae*.



Les méthodes de lutte contre les charbons sont : (1) l'utilisation de variétés résistantes, qui démontrent moins de sensibilité aux charbons ; (2) l'utilisation de semences certifiées pour éviter l'introduction de champignons phytopathogènes dans les champs ; (3)

les traitements de semences avec un fongicide. Il est important de signaler que dans le cas du charbon de l'avoine les spores sont présentes à la surface des graines.

Selon les caractéristiques des exploitations agricoles Vietnamiennes et d'après nos premiers résultats expérimentaux, l'importance d'une production locale de graines de fourrages tempérés doit être discutée et évaluée sur plusieurs points de vues. Pour ce qui est de la durabilité des systèmes fourragers, la production de graines par l'éleveur a des grands avantages car il ne sera pas obligé d'acheter chaque année des nouvelles graines sur le marché. Mais d'un point de vue stratégique (voire économique) l'importance d'une production locale de graines est moins évidente. Il faut tenir compte du fait que les surfaces agricoles disponibles au Vietnam sont très limitées et que dans la majorité des cas les éleveurs ne disposent pas d'assez de terres pour produire suffisamment de fourrage pour les animaux. Si les éleveurs décident de préserver une partie de leurs terrains disponibles pour produire des graines en hiver, ils ne pourront pas utiliser cette surface de terre pour la production fourragère. Mais, en cas de déficit fourrager intense, c'est plus rentable et intéressant d'utiliser la totalité du terrain disponible en hiver pour la production fourragère. Un deuxième aspect doit être pris en compte par l'éleveur, qui décide de produire des graines sur son terrain, est le risque de ne pas arriver à produire correctement les graines à cause des aléas climatiques pendant la floraison et pollinisation (excès de brouillard par exemple) ou à cause des attaques d'oiseaux sur le champ au moment de la formation des graines. De plus la qualité germinative des graines produites sur l'exploitation sera toujours inférieure à celle des graines de première génération achetées dans le commerce. Finalement la pertinence d'une production de graines localement dépendra aussi de l'aspect économique. Il faut savoir à quel prix les graines d'avoine seront commercialisées au Vietnam et si les éleveurs seront en mesure de faire l'investissement en graines chaque année pour produire des fourrages sur leur terre.

III.5 ESSAIS D'ALIMENTATION *IN VIVO*

Les premières actions de recherche sur l'utilisation de l'avoine au Vietnam ont été centrées sur les aspects agronomiques (adaptation et potentialités fourragères) et sur certains aspects « sociologiques » liés à l'adoption de l'innovation technique par les éleveurs. Dans la suite des nos actions de recherche nous nous sommes intéressé aux performances des animaux utilisant l'avoine comme ressource fourragère. Ainsi, les essais d'alimentation *in*

in vivo ont été essentiels pour évaluer l'utilisation digestive des fourrages et de la ration par les vaches laitières (optique alimentaire).

Comme décrit dans la section Matériel et Méthodes des essais d'alimentation *in vivo* ont été réalisés en conditions réelles d'élevage, c'est-à-dire directement dans les exploitations laitières. Au contraire des essais d'alimentation réalisés en station expérimentale où l'ensemble des paramètres de l'expérience est contrôlé par l'équipe de recherche, les essais en ferme ne permettent pas de disposer du même niveau de précision dans la prise de données. Cependant, les essais en ferme représentent un grand avantage car ils représentent de façon beaucoup plus réelle les conditions d'élevage pratiquées par les éleveurs. A cause de la dimension assez large de notre dispositif expérimental (21 fermes) dans quatre zones du district de Moc Chau, il nous a été impossible de suivre de façon journalière tous les animaux expérimentaux. Nous avons compté sur la participation des éleveurs, qui ont enregistré eux-mêmes l'ensemble des données d'ingestion et de refus d'aliments, ainsi que la production laitière journalière. Le travail de l'équipe de recherche a été de collecter et de vérifier les registres tenus par les éleveurs.

L'alimentation des vaches laitières est un outil de production très important car elle contrôle l'expression du potentiel génétique et conditionne conjointement la productivité, la reproduction et la santé de la vache laitière, qui toutes trois déterminent la rentabilité d'un élevage laitier. Pour obtenir une bonne rentabilité, en même temps que les meilleurs résultats techniques et sanitaires, il importe en premier lieu de disposer d'excellents fourrages.

- Quantités d'aliments ingérées

Les fourrages utilisés dans l'alimentation des vaches laitières doivent être de haute qualité, très ingestibles et digestibles. Ils doivent permettre de couvrir, en plus des besoins d'entretien des vaches, une part importante de la production laitière à partir de la ration de base (fourrages et sous-produits). Les aliments concentrés (complément de production) ont généralement une composition standard et sont distribués aux vaches laitières en quantités bien ajustées aux besoins. L'éleveur doit éviter la sous-consommation de concentrés responsable



de la sous-production, mais éviter également la surconsommation qui entraîne une perte financière et peut rapidement devenir dangereuse pour la santé de l'animal.

Dans le Tableau 16 nous présentons la description de la ration alimentaire utilisée par les deux groupes d'animaux pendant la période expérimentale.

Tableau 16. Composition moyenne de la ration alimentaire des groupes expérimentaux pendant l'essai¹⁶

Groupe	Fourrages verts (kg)		Fourrages conservés (kg)		Concentré (kg)	Sous-produits (manioc)
	Avoine	Tropicaux	Ensilage	Foin		
Avoine	8,6 ^a	12,6	10,5 ^b	6,6	8,5	3,6 ^b
Control	0,0 ^b	13,3	18,3 ^a	6,1	9,2	5,0 ^a

Les valeurs avec différentes lettres dans la même colonne diffèrent de manière significative à $P < 0,05$

Le premier constat que nous pouvons faire par rapport aux données des quantités ingérées par les deux groupes d'animaux concerne la diminution très significative de la disponibilité en fourrage vert entre le début de la période expérimentale (Tableau 2 ; page 23) et les semaines suivantes (Tableau 16). Si nous comparons les données issues des deux Tableaux, nous constatons une diminution de la quantité ingérée de fourrages tropicaux de l'ordre des 50% pour le groupe Avoine (25,7 *vs* 12,6 kg fourrage tropical) et d'environ 60% pour le groupe Control (33,7 *vs* 13,3 kg fourrage tropical). Ceci confirme l'ampleur du déficit fourrager pendant la saison hivernale dans cette région laitière et justifie pleinement la pertinence de la recherche de ressources fourragères alternatives, comme c'est le cas de l'avoine, pour équilibrer les rations alimentaires des vaches laitières. Malgré une production conséquente de fourrage d'avoine dans les fermes à Moc Chau pendant l'hiver (environ 57 tonnes MV/ha), nous avons constaté également une diminution de la quantité d'avoine ingérée pendant la période expérimentale de l'ordre des 40% (14,4 *vs* 8,6 kg fourrage avoine). Ceci est partiellement dû à une redistribution de la quantité totale d'avoine produite dans l'exploitation pour un plus grand nombre d'animaux présents dans la ferme (vaches taries et génisses) de façon à minimiser les effets du déficit fourrager.

De façon à combler le déficit fourrager dans la ration des vaches laitières, les éleveurs sont obligés d'utiliser d'autres ressources alimentaires comme les fourrages conservés et



¹⁶ Les détails des aliments utilisés sont présentées dans l'annexe 7

les sous-produits agricoles. Ainsi, si nous comparons les données des Tableaux 2 et 16, nous observons une augmentation très significative de la quantité d'ensilage de maïs, de l'ordre des 9,0 kg pour le groupe Avoine et de 14,0 kg pour le groupe Control. L'utilisation de foin et de manioc a connu également des augmentations importantes pour les deux groupes d'animaux. Comme la distribution d'aliments concentrés est calculée en fonction de la production journalière de lait et vu que les deux groupes d'animaux ont des productions similaires au début de l'essai, la quantité de concentré utilisée a été sensiblement la même (environ 9,0 kg).

D'après les données du Tableau 16, nous constatons que le groupe Control reçoit une quantité très faible de fourrages tropicaux et de colza (13,3 kg de matière verte) dans leur ration journalière. Cette quantité de fourrage (environ 3,0 kg de MS) n'est pas suffisante pour couvrir les dépenses d'entretien des animaux et les éleveurs sont obligés d'utiliser leurs réserves fourragères (ensilage de maïs et foin) en grandes quantités. Dans le cas du groupe Avoine, la ration journalière est nettement plus riche en fourrages verts avec une quantité totale (fourrages tempérés et tropicaux) de 21,2 kg de matière verte (4,8 kg de MS). La proportion de fourrages tempérés dans la ration fourragère journalière du groupe Avoine a été de 40%. Nous considérons cependant que la quantité d'avoine distribuée aux vaches laitières a été faible (1,8 kg MS) par rapport au potentiel d'ingestion d'une vache de 550 kg de poids vif (16,0 kg MS). En conséquence, l'éleveur a eu besoin d'utiliser également les fourrages conservés et les sous-produits pour équilibrer la ration de base des animaux du groupe Avoine. Néanmoins, les quantités utilisées ont été de 45% inférieures pour l'ensilage de maïs et de 30% inférieures pour les sous-produits (manioc) par rapport au groupe Control. Globalement, les grandes différences quantitatives entre les deux groupes expérimentaux par rapport aux ressources fourragères (vertes et conservées) de la ration sont liées aux quantités d'avoine et d'ensilage de maïs. Les éleveurs qui ne disposent pas d'avoine pour distribuer aux animaux vont utiliser une quantité similaire d'ensilage. L'ensilage de maïs est ainsi une solution alternative intéressante pour équilibrer la ration alimentaire des vaches laitières en hiver. Cependant, des progrès restent à faire par rapport à la technologie de l'ensilage et des ajustements sont nécessaires pour équilibrer la quantité produite par les éleveurs et les besoins alimentaires des animaux pendant l'hiver. Les coûts de production de l'ensilage de maïs doivent aussi être considérés (cf. section III.7 Coûts de production).

En tenant compte de la composition chimique et de la valeur nutritive des aliments distribués aux vaches laitières, nous pouvons calculer les apports nutritifs de la ration de base (fourrages et sous-produits) et les comparer ensuite aux besoins d'entretien et de production des animaux (Tableau 17).

Tableau 17. Apports nutritifs de la ration de base

Groupe	Aliment	MS	Cellulose (g)	Energie (UFL)	Protéine (PDI)
Avoine	Avoine	1,8	484	1,5	176
	Fourrage tropical	2,3	679	1,4	151
	Feuilles colza	0,7	230	0,5	40
	Ensilage	2,0	712	1,2	105
	Foin	5,5	1 996	2,8	212
	Manioc	1,0	155	0,9	31
	TOTAL	13,2	4 256	8,3	717
Control	Fourrage tropical	2,0	614	1,3	138
	Feuilles colza	1,0	348	0,7	61
	Ensilage	3,5	1 241	2,1	183
	Foin	5,1	1 845	2,5	196
	Manioc	1,4	216	1,3	43
	TOTAL	13,0	4 263	8,0	620

Les besoins nutritifs des animaux sont évalués dans des conditions standardisées, bien contrôlées, aboutissant à des recommandations moyennes. Celles-ci méritent d'être modulées en fonction des fluctuations des exigences individuelles des animaux et des variations d'efficacité des apports nutritifs (digestibilité). Ainsi, pour une vache Holstein Friesian de 550 kg de poids vif en stabulation permanente et après 8 semaines de lactation, nous pouvons considérer que les besoins d'entretien et de reconstitution de ses réserves corporelles sont d'environ 5,8 UFL pour l'énergie et 369 g PDI pour la protéine. La capacité d'ingestion maximale de cette vache est d'environ 16 kg MS/jour.

D'après les résultats présentés dans le Tableau 17, nous constatons que les apports nutritifs des rations de base des deux groupes expérimentaux sont similaires. La ration de base du groupe Avoine est légèrement plus riche en énergie (+ 0,3 UFL) et en protéine (+97 g PDI). Dans les deux cas, les apports nutritifs dépassent les besoins d'entretien et de reconstitution de réserves corporelles des animaux. Le reliquat de l'énergie et de la protéine des rations de base sera utilisé par l'animal pour la production de lait. Pour produire un litre de lait standard (40 g de matière grasse par litre) l'animal a besoin d'un apport de 0,44 UFL et de 48 g de PDI. Ainsi, dans le cas du groupe Avoine, le reliquat d'énergie de la ration de base permet de produire 5,7 litres de lait et le reliquat de la protéine permet de produire 7,3 litres de lait. De la même façon, dans le cas du groupe Control, le reliquat de l'énergie et de

la protéine de la ration de base permet de produire 4,9 et 5,2 litres de lait, respectivement. Etant donné que le facteur limitant dans les deux rations de base est l'énergie, les vaches vont produire 5,7 et 4,9 litres pour le groupe Avoine et Control, respectivement.

Pendant la période expérimentale (Tableau 16), et malgré une production laitière inférieure dans le groupe Control (cf. paragraphe suivant), les éleveurs ont utilisé une quantité d'aliment concentré supérieure (8%). Même si la différence entre la quantité de concentré utilisée pour chaque groupe a été faible à titre individuel et journalier (700 g/vache/jour), les différences seront plus importantes quand multipliées par le nombre moyen d'animaux d'une exploitation et par la durée en jours de la période hivernale.

Un aliment concentré commercial a généralement une teneur en énergie de 1,05 UFL et une teneur en protéine d'environ 100 g de PDI. Ainsi, les éléments nutritifs apportés par un kg d'aliment concentré sont suffisants pour une production de 2,5 litres de lait standard. Si les éleveurs utilisent environ 9,0 kg d'aliment concentré dans la ration journalière, cette quantité permettra théoriquement à la vache laitière une production laitière de 22,5 litres. Si nous ajoutons les 5,0 litres (en moyenne) de lait permis par la ration de base, les apports nutritifs totaux de la ration journalière seront suffisants pour une production d'environ 27,5 litres de lait.

- Production de lait et état corporel des vaches laitières

La production de lait d'une vache laitière dépend de la génétique, de l'alimentation et de la gestion (management) de toutes les techniques d'élevage. Dans nos conditions expérimentales, les deux groupes de vaches laitières (Avoine et Control) étaient assez homogènes car ils avaient des potentiels de production et des caractéristiques de lactation similaires (nombre de lactations, semaines de lactation). De plus les éleveurs qui faisaient partie de l'expérimentation utilisaient les mêmes techniques basiques d'élevage. La principale différence entre les deux groupes d'animaux (Avoine et Control) a été liée à l'alimentation fourragère utilisée pendant la durée de l'essai. Ainsi, nous considérons que les effets observés sur la production de lait et sur l'état corporel des animaux ont été principalement d'origine alimentaire.



La courbe de lactation théorique d'une vache laitière peut être divisée en trois périodes successives : le début de lactation (environ 2 mois) qui correspond au démarrage de la lactation avec une augmentation de la production de lait journalière jusqu'au pic de lactation (environ 8 semaines) ; le milieu de lactation (environ 7 mois) où la production laitière diminue de façon graduelle ; la fin de lactation (environ 1 mois) qui correspond à la période de tarissement de la vache.

Dans le Tableau 18, nous présentons la production de lait des deux groupes d'animaux au début et à la fin de la période expérimentale.

Tableau 18. Production de lait pendant la période expérimentale (8 semaines)

Groupe	Production de lait (kg/vache/jour)	
	Début de la période expérimentale	Fin de la période expérimentale
Avoine	20,7 ± 4,6	17,9 ± 4,0
Control	21,8 ± 2,7	16,5 ± 2,2

D'après les résultats du Tableau 18, nous constatons que la production de lait des deux groupes a diminué du début jusqu'à la fin de l'expérience. Cette situation est tout à fait normale et prévisible car dans notre dispositif expérimental nous avons sélectionné des animaux entre 14 et 22 semaines de lactation, et donc les vaches laitières se trouvent dans la partie descendante de la courbe de lactation. Les résultats du Tableau 18 montrent aussi que la production laitière journalière du groupe Control au début de la période expérimentale était supérieure (+1,1 litres) par rapport à celle observée chez les animaux du groupe Avoine. Cependant après huit semaines d'expérience la différence de production laitière entre les deux groupes a été de 1,4 litres mais, cette fois-ci, c'est le groupe Avoine qui produit la plus grande quantité de lait par jour. Ceci indique que la diminution de la production de lait (persistance) pendant les huit semaines de l'expérience a été inférieure dans le groupe Avoine (6 à 7%) par rapport au groupe Control (12 à 13%). Le niveau de persistance du groupe Avoine est considéré correct (régulier) et correspond à une bonne gestion de l'alimentation des animaux. Nous présentons dans la Figure 5 une partie de la courbe de lactation des deux groupes d'animaux correspondant à la période expérimentale.

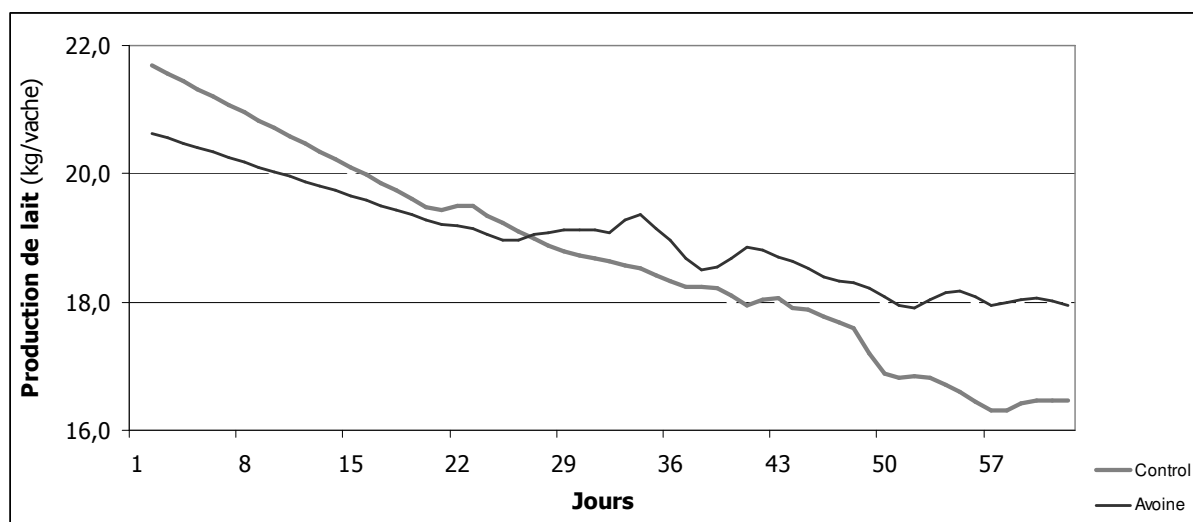


Figure 5. Courbe de lactation pendant la période expérimentale (8 semaines)

La production laitière d'une vache laitière dépend de l'efficacité de la microflore digestive. Elle dépend de la fourniture conjointe d'une source énergétique essentielle pour les microbes et qui conditionne toute leur activité métabolique, ainsi que d'une source de protéines dégradables permettant à la microflore d'assurer l'élaboration de ses propres protéines. Par conséquent, les approvisionnements en énergie et en protéine doivent être : (1) suffisants pour un métabolisme microbien intense au bénéfice d'une plus forte récupération énergétique et protéique par le ruminant ; (2) égalisés entre eux puisque selon la loi générale du facteur limitant, c'est le plus faiblement disponible qui réduit à son niveau l'efficacité globale et condamne au gaspillage l'excédent d'énergie ou de protéines ; (3) simultanés puisque les microbes ont besoin en même temps d'énergie et d'azote sans possibilité de stockage et avec une espérance de vie de quelques heures ; et (4) en continu, tout au long de la journée afin de soutenir une activité microbienne de haut niveau, régulière et permanente, globalement très efficace. Ceci est bien préférable pour le rendement alimentaire, l'équilibre des nutriments récupérés par le ruminant et la sécurité sanitaire. Dans notre expérience la complémentation fourragère avec l'avoine a certainement contribué à un meilleur fonctionnement de la microflore du rumen et par conséquent une production de lait plus régulière. L'alternance de phases de suralimentation microbienne (à l'occasion de la distribution abondante de concentrés ou d'ensilage de maïs) et de périodes de carence alimentaire provoque une diminution de l'activité microbienne, une perte d'efficacité alimentaire et donc une diminution de la production laitière.

Nous observons que la pente de la courbe de lactation des vaches du groupe Control est supérieure à celle du groupe Avoine et par conséquent les écarts entre les deux groupes

d'animaux continueront à augmenter pendant le reste de la lactation si les éleveurs utilisent la même ration alimentaire. Du aux différences de persistance observées, nous pouvons prévoir une sous-production des vaches du groupe Control tout au long des prochains mois de lactation. La sous-production laitière, par rapport à la courbe théorique de lactation, peut apparaître dès 15 à 20 jours après le vêlage. Le pic de lactation sera plus précoce mais plus bas de 1 à 3 kg/jour, suivi par une décroissance plus rapide. Le gain d'un litre de lait au pic de lactation correspondrait en théorie à environ 200 litres sur l'ensemble de la lactation. Une bonne conduite du rationnement alimentaire dès le début de la lactation est donc essentielle pour l'ensemble de la lactation. Par ailleurs le déficit énergétique du début de lactation est le premier responsable de l'infertilité des vaches laitières ayant une haute productivité ($> 6\ 000$ kg/lactation).

Comme constaté dans le paragraphe précédent les apports nutritifs totaux de la ration journalière permettent une production d'environ 27,5 litres de lait. Selon la courbe de lactation des animaux (liée à son potentiel génétique) les animaux des deux groupes produisent en moyenne 17,2 litres de lait par jour à la fin de la période expérimentale. Il existe donc un excès d'apports nutritifs de l'ordre de 4,5 UFL d'énergie et 495 g PDI (protéine). Cette différence pourrait facilement être corrigée par une diminution de l'apport en aliments concentrés de l'ordre des 4,3 kg par jour et par vache. Dans les conditions actuelles l'utilisation d'un excès de d'aliment concentré diminue l'efficacité économique de l'exploitation car elle n'est pas suivie d'une augmentation de la production laitière. De plus, l'utilisation exagérée d'aliment concentré peut influencer l'état de santé des animaux (acidose, troubles articulaires, fourbure).

Il faut souligner que l'avantage d'une alimentation fourragère équilibrée pendant toute la période de production d'une vache laitière n'est pas uniquement mesuré par la quantité de lait produit par l'animal pendant une lactation. L'utilisation de fourrages tempérés en hiver influence aussi d'autres aspects comme l'état corporel et de santé des animaux, leur capacité reproductive, etc. L'alimentation influençant de manière directe l'état corporel des animaux, notamment l'utilisation des réserves corporelles, nous avons pris de mesures de poids vif et d'indice de condition corporelle au début et à la fin de la période expérimentale. Dans le Tableau 19, nous présentons l'estimation du poids vif des deux groupes d'animaux au début et à la fin de la période expérimentale.

Tableau 19. Variations de poids vif pendant la période expérimentale

Groupe	Poids vif (kg/vache)		
	Début de la période expérimentale	Fin de la période expérimentale	Différence
Avoine	523,3	527,9	+ 4,6
Control	535,4	533,2	- 2,2

Les différences de poids vif que nous avons observées entre des deux groupes expérimentaux depuis le début jusqu'à la fin de l'expérience ont été faibles et non significatives. D'une part, il faut noter que la méthode que nous avons utilisée pour estimer le poids vif (barymétrie) n'a pas été la plus adéquate pour déterminer les variations qui puissent exister entre animaux, surtout dans un espace de temps si court (8 semaines). D'autre part, l'équilibre des apports nutritifs de la ration de base (Tableau 17) entre les deux groupes d'animaux explique les résultats similaires de poids vif des vaches laitières.

La condition corporelle d'une vache (ou la quantité de graisse que la vache stocke dans son corps) a un effet important sur la production de lait et la fertilité. La vache peut soit stocker soit mobiliser des matières grasses, selon le niveau et le type d'aliment et le stade de lactation. La Figure 6 montre les images numériques de deux vaches laitières au début et à la fin de la période expérimentale.





Groupe	Début de la période expérimentale	Fin de la période expérimentale
Avoine		
Control		

Figure 6. Images numériques d'une vache laitière du groupe Avoine et une autre du groupe Control

Globalement la condition corporelle des animaux des deux groupes expérimentaux pendant la période expérimentale n'a pas été modifiée de façon significative car les apports alimentaires ont été suffisants pour ne pas mobiliser les matières grasses des vaches. Nous avons cependant observé dans certains cas une légère diminution des réserves corporelles des animaux issus du groupe Control (Figure 6). Cette situation pourrait être expliquée par un approvisionnement en protéine et en énergie non continu tout au long de la journée, ce qui aurait influencé négativement le fonctionnement de la microflore du rumen. Ainsi la vache laitière aurait eu à utiliser ses réserves corporelles pour combler le déficit énergétique dans certains moments de la journée.

- Coût de l'alimentation et efficacité économique partielle

Les dépenses d'alimentation des vaches laitières représentent normalement 60 à 70% des coûts de production d'un litre de lait. La rentabilité de l'élevage laitier est étroitement liée à la maîtrise du coût alimentaire d'un kg de lait et à l'expression totale du potentiel génétique des animaux.

Dans le but de comparer le coût de l'alimentation des deux rations utilisées pendant la période expérimentale, nous avons réalisé localement un questionnaire sur tous les prix des aliments utilisés à Moc Chau (Annexe 8). D'après nos calculs, le prix des rations alimentaires complètes (fourrages, sous-produits et concentrés) des groupes Control et Avoine a été d'environ 67 400 et 59 900 VND/vache/jour, respectivement. La ration alimentaire du groupe Control a été 12,5% plus cher que celle du groupe Avoine. Cette différence de prix est essentiellement justifiée par l'utilisation de plus grandes quantités d'ensilage de maïs et d'aliment concentré dans le groupe Control.

Si nous prenons en compte la production laitière moyenne des vaches pendant la période expérimentale (6 semaines) et le prix payé à l'éleveur pour un litre de lait (6 200 VND), nous pouvons calculer les revenus des éleveurs issus de la vente de lait. La production moyenne de lait des groupes Control et Avoine a été de 17,9 et 18,6 litres/jour, respectivement. La vente du lait « supplémentaire » (+0,7 litres) dans le groupe Avoine rapporte à l'éleveur un bénéfice de 4 300 VND/vache/jour.

En prenant compte les économies réalisées par les éleveurs par rapport au coût de la ration alimentaire des vaches du groupe Avoine (7 500 VND) et les gains supplémentaires de la vente du lait (4 300 VND), nous obtenons un bénéfice (partiel) de 11 800 VND/vache/jour. A Moc Chau, les fermes laitières ont en moyenne 8 animaux laitiers (vaches et génisses) dont 4 à 5 vaches sont en période de lactation. Dans nos conditions expérimentales, si nous

calculons le bénéfice économique pendant les 6 semaines de la période expérimentale d'une ferme (classique) utilisant l'avoine dans la ration des animaux, nous obtenons un résultat d'environ 2 250 000 VND. Il convient souligner que le calcul d'efficacité économique que nous présentons dans ce rapport est uniquement indicatif, car il prend uniquement en compte les coûts de l'alimentation et le résultat de la vente du lait. D'autres dépenses liées à l'exploitation laitière comme la main-d'œuvre, les frais de santé et de reproduction, etc. n'ont pas été considérées dans nos calculs. Néanmoins les discussions sur le terrain confirment que les bénéfices économiques sont très positifs pour les éleveurs qui utilisent les fourrages d'avoine pour alimenter leurs vaches laitières en hiver.

Comme présenté dans la section suivante du rapport, cette constatation fait partie des appréciations des éleveurs par rapport à l'utilisation des fourrages d'avoine au Vietnam.

III.6 EVALUATION ET ADOPTION DES FOURRAGES

Les essais fourragers de moyenne dimension ont été réalisés chez les éleveurs dans plusieurs provinces au nord du Vietnam et selon une approche de recherche participative. Plusieurs enquêtes et réunions de restitution de résultats ont été organisées afin de connaître l'évaluation faite par les éleveurs sur l'intérêt et les difficultés de la production de fourrages tempérés. Par ailleurs des actions de formation et des visites sur le terrain ont été réalisées pour améliorer les connaissances et pour évaluer l'adoption de la technique fourragère par les éleveurs (optique de vulgarisation).

- Opinion des éleveurs

Les visites que nous avons faites sur le terrain et les réunions de présentation de résultats ont été essentielles car elles ont permis aux éleveurs de partager leurs expériences et de soulever des questions pertinentes par rapport aux cultures fourragères tempérées. De plus les éleveurs ont eu l'opportunité de comparer leurs résultats et de discuter les avantages et limites des divers protocoles techniques utilisés. L'approche participative a créée un excellent dialogue entre chercheurs, vulgarisateurs agricoles et éleveurs permettant de mieux adapter notre sujet de recherche à la demande des éleveurs.

L'opinion des éleveurs par rapport aux potentialités des fourrages tempérés, notamment l'avoine, a été basée sur des aspects d'ordre technique (semis, récolte, production de graines, etc.), alimentaire et économique. Comme les conditions d'élevage, les disponibilités

fourragères et les priorités des éleveurs ne sont pas les mêmes dans les provinces où nous avons fait les essais, les opinions et commentaires varient sensiblement de région à région. Certains éleveurs sont très satisfaits des résultats obtenus avec l'avoine fourragère, d'autres éleveurs le sont moins et certains sont mêmes insatisfaits.



De façon générale, les raisons évoquées par les éleveurs pour rendre compte de leur satisfaction par rapport à la production et utilisation de l'avoine ont été les suivantes :

- Opérations techniques (semis, coupe) simples à réaliser
- Valorisation de la surface agricole disponible pendant l'hiver
- Evite d'aller chercher les herbes naturelles dans les montagnes
- Bonne adaptation aux conditions agro climatiques locales
- Production fourragère dans une période de déficit sérieux
- Fourrage de bonne productivité et de haute qualité en hiver
- Très bonne appréciation par les vaches laitières
- Maintien de la production laitière pendant l'hiver
- Coût de production faible et inférieur à d'autres cultures d'hiver.

D'autre part les raisons utilisées par les éleveurs pour justifier leur insatisfaction ont été les suivantes :

- Faible capacité de croissance dans les sols pauvres et en conditions sèches
- Nombre de coupes de fourrage insuffisantes par rapport aux besoins
- Difficultés pour produire des graines
- Difficultés pour protéger la parcelle de l'attaque des animaux en divagation
- Mauvaise appréciation des fourrages par les buffles (et par les poissons !).

Avec l'objectif de quantifier la satisfaction des éleveurs, nous avons mis en place des enquêtes sur un échantillon d'éleveurs représentatif dans chaque région. Nous présentons dans la Figure 7 le pourcentage d'éleveurs qui se sont considéré très satisfaits, moyennement satisfaits ou non satisfaits avec les fourrages d'avoine dans les provinces de Son La (district de Moc Chau) et de Hoa Binh (district de Luong Son).

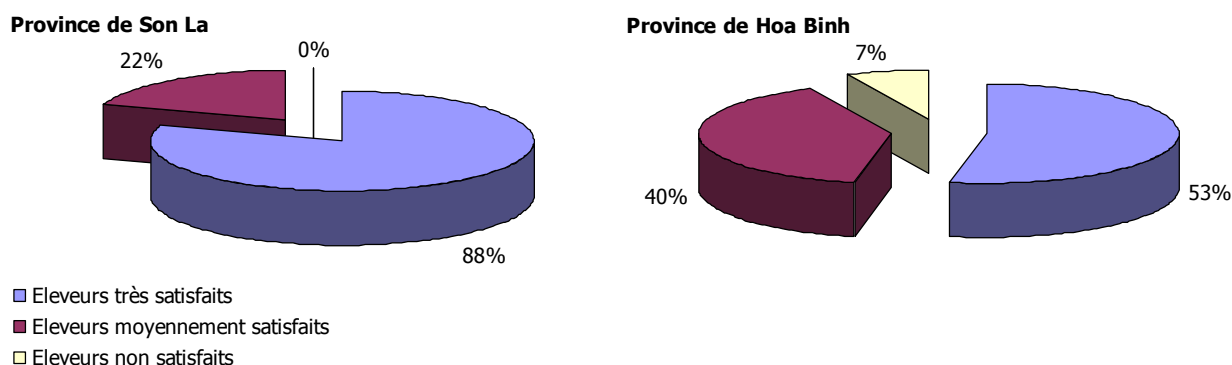


Figure 7. Opinion des éleveurs

Nous constatons que dans la province de Son La la majorité (88%) des éleveurs enquêtés sont très satisfaits des potentialités de l'avoine fourragère en hiver et qu'il n'existe pas d'éleveurs insatisfaits. Comme déjà présenté dans les sections précédentes de ce rapport, c'est dans le district de Moc Chau que nous avons eu les meilleurs résultats d'adaptation et de production fourragère d'avoine. Cette région à vocation laitière traverse une importante période de pénurie fourragère (4 à 5 mois) en hiver et les éleveurs sont très motivés pour trouver des solutions alternatives pour alimenter correctement leurs animaux. L'expérience des éleveurs avec la production des fourrages (tropicaux) a eu un impact très positif sur les résultats obtenus avec l'avoine et certainement sur l'opinion que les éleveurs ont eu quant aux potentialités fourragères de cette espèce. Dans la province de Hoa Binh nous observons que la majorité des éleveurs enquêtés ont bien apprécié les résultats fourragers de l'avoine mais que la proportion d'éleveurs très satisfaits est inférieure à celle enregistrée à Moc Chau. Par ailleurs certains éleveurs (7%) n'ont pas été satisfaits avec la production d'avoine. C'est dans ce groupe que l'on trouve la majorité des éleveurs qui n'ont pas suivi le protocole technique de la culture des espèces tempérées ou qui n'ont pas protégé convenablement leurs parcelles de fourrage des animaux en divagation (volailles, bovins, etc.). Dans beaucoup de cas la production fourragère obtenue par ce groupe d'éleveurs a été malheureusement quasiment nulle.



Pour les autres provinces (Bac Ninh, Ha Nam, Hanoi, Ha Tay et Vinh Phuc), où les essais de moyenne dimension ont été réalisés, nous ne disposons pas actuellement de données argumentées sur le degré de satisfaction des éleveurs. Malgré une certaine insatisfaction par

rapport aux résultats de la première année d'essais (2006/2007), due notamment à des problèmes de livraison tardive des graines et à des difficultés d'accompagnement des essais, nous constatons que pour les essais mis en place cet hiver (2007/2008) la plupart des éleveurs se déclarent très satisfaits des résultats obtenus avec les cultures fourragères en hiver.

▪ Nombre d'éleveurs et surfaces cultivées

Depuis le début des essais de moyenne dimension (année 2004/2005), le nombre d'éleveurs intéressés à participer à la production de fourrages tempérés n'a pas cessé de s'accroître dans plusieurs régions du nord du Vietnam. Par ailleurs la dimension des essais en terme de surfaces cultivées et de districts concernés a augmenté de façon très significative. Nous présentons dans le Tableau 20 les données concernant le nombre d'éleveurs utilisant l'avoine fourragère pendant l'hiver et les surfaces cultivées par chaque province pendant toute la durée des essais.

Tableau 20. Nombre d'éleveurs et surfaces cultivées par province

province	Nombre d'éleveurs	Surface (ha)
Hoa Binh	341	46
Son La	150	106
Vinh Phuc	18	1,3
Ha Tay	27	1,8
Ha Nam	15	1,5
Bac Ninh	15	0,9
Ha Noi	12	1,6
TOTAL	578	159

Le nombre d'éleveurs qui ont fait partie des essais de moyenne dimension a été significativement supérieure dans les provinces de Hoa Binh (districts de Luong Son et de Tan Lac) et de Son La (district de Moc Chau). Dans le premier cas la mise en place de deux projets de développement justifie en partie le grand nombre d'éleveurs participants. Dans le district de Luong Son, nous avons enregistré une augmentation significative du nombre d'éleveurs après la première année du projet et ceci était lié aux bons résultats obtenus par les premiers éleveurs. Dans ce district la surface allouée aux cultures fourragères a été inférieure à 1 000 m² par éleveur. A Moc Chau, le nombre d'éleveurs adhérents est également important et correspond à environ 30% du nombre total d'éleveurs laitiers actuels. La surface destinée aux cultures fourragères a été d'environ 0,35 ha (3 500 m²) par

éleveur. Certains éleveurs souhaitent augmenter la surface de terrain utilisée pour les fourrages d'avoine en hiver.

Pour les autres provinces les résultats de participation des éleveurs ont été moins perceptibles. Nous expliquons d'une part par la mise en place plus récente des essais de moyenne dimension chez les éleveurs (2006/2007), d'autre part, par le fait que les éleveurs laitiers ont accès à plusieurs autres techniques de complémentation alimentaire (ensilage, paille traitée à l'urée, autres ressources fourragères) pour combler une partie du déficit hivernal.

Nous présentons dans la Figure 8 le nombre d'éleveurs et les surfaces cultivées par année depuis le début des essais de moyenne dimension.

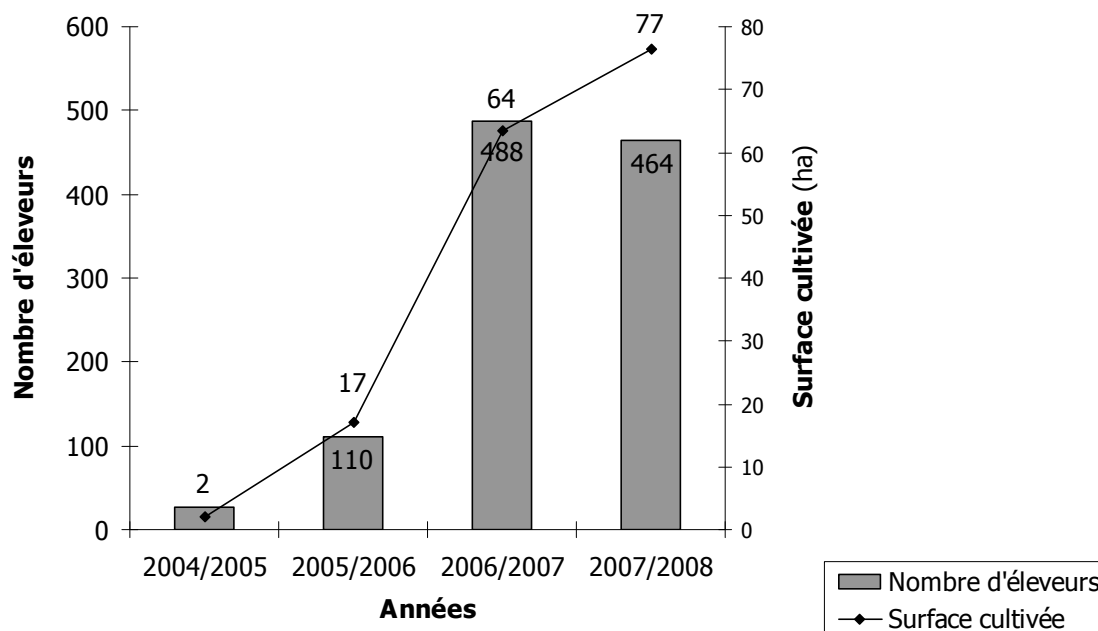


Figure 8. Nombre d'éleveurs et surfaces cultivées par année

Pour la première année des essais de moyenne dimension, un groupe de 27 éleveurs dans le district de Moc Chau a accepté de mettre en place des espèces fourragères tempérées dans une parcelle (environ 700 m²/ferme) de leur terrain. Au total, 2 ha de fourrages d'avoine ont été semés et les résultats obtenus ont été bien appréciés par les éleveurs et leurs voisins. L'année suivante (2005/2006) nous avons compté quatre fois plus d'éleveurs participants et la surface cultivée a été multipliée par huit. C'est cependant lors de la troisième et de la quatrième années des essais que le nombre d'éleveurs impliqués a augmenté considérablement (environ 500) et plus de 60 hectares d'avoine ont été semés chaque année au nord du Vietnam.

Le nombre d'éleveurs adhérents et les surfaces allouées aux nouvelles espèces fourragères tempérées sont considérés comme les indicateurs majeurs de l'adoption de la technique au nord du Vietnam. La participation des éleveurs dès le début du processus d'innovation montre bien que les nouvelles solutions proposées correspondaient aux demandes des éleveurs. Le dialogue qui a été créé avec les éleveurs et les vulgarisateurs agricoles tout au long du processus a permis une bonne combinaison des connaissances locales avec les innovations techniques de façon à permettre aux éleveurs une meilleure compréhension des objectifs et des résultats attendus de la recherche. En retour ceci a facilité une diffusion plus efficace des résultats de la recherche. Les responsables politiques locaux ont joué un rôle indispensable dans le processus d'innovation en favorisant les recherches sur les nouvelles technologies et en les intégrant dans les stratégies locales de développement. Pour une plus ample vulgarisation de l'innovation technique le tournage d'un film documentaire sur la production et l'utilisation des fourrages tempérés au Vietnam nous a semblé utile. Le film (réalisé en coopération avec le projet VBDP) illustre toutes les étapes essentielles du protocole technique et prend en compte des témoignages des éleveurs sur leur appréciation des potentialités et limites de cette ressource fourragère en hiver.

Malgré les bons résultats agronomiques et alimentaires observés avec les fourrages d'avoine au Vietnam, la décision des éleveurs d'utiliser cette ressource fourragère sera fonction des aspects économiques, notamment du coût de production des fourrages. Nous allons donc présenter dans la dernière section du rapport le calcul des coûts de production d'un hectare de fourrage d'avoine au nord du Vietnam et les coûts alimentaires des principaux aliments utilisés à Moc Chau pour l'alimentation des vaches laitières.

III.7 COUTS DE PRODUCTION

Avant de finir ce rapport scientifique sur la production et l'utilisation de l'avoine fourragère au nord du Vietnam il nous a paru intéressant de présenter les coûts de production moyens d'un ha de culture fourragère. Pour ce faire, nous avons pris en compte les coûts des intrants (semences, fertilisants, traitements phytosanitaires, etc.) et de la main d'œuvre nécessaire aux principales étapes culturales (préparation du sol, semis, contrôle des mauvaises herbes, irrigation, coupe). Les données présentées ont été calculées d'après les enquêtes et les suivis réalisés auprès des éleveurs lors des essais de moyenne dimension. Les prix des intrants correspondent à des valeurs moyennes pour les différentes provinces

où les essais ont été réalisés et rapportés à l'année 2007. Comme les semences d'avoine ne sont pas encore commercialisées au Vietnam, nous avons considéré le prix d'achat des graines à la compagnie de semences Héritage (en Australie) et les coûts de transport (maritime et par camion) depuis l'Australie jusqu'aux fermes d'élevage. Les taxes d'importation et les marges de commercialisation des graines d'avoine par une compagnie de semences vietnamienne n'ont ainsi pas été prises en compte dans nos calculs.

Nous présentons dans le Tableau 21, les coûts de production moyens pour réaliser 1 ha d'avoine fourragère (espèce *strigosa*) au nord du Vietnam.

Tableau 21. Coûts de production (1 ha) pour l'avoine *strigosa* au nord du Vietnam

Coûts	Quantité	Unité	Prix (VND)	Coût (VND)	Pourcentage
Semences	60	Kg	15 000	900 000	11
Fertilisant NPK	500	Kg	3 500	1 750 000	21
Urée	160	Kg	7 000	1 120 000	13
Fumier	15	Tonnes	50 000	750 000	9
Autres fertilisants	100	Kg	1 500	150 000	2
Correcteur pH sols (CaO)	200	Kg	800	160 000	2
Pesticides	0,3	Kg	167 000	50 000	1
Main d'œuvre	90	Jours	40 000	3 600 000	42
TOTAL				8 480 000	100

Le calcul des besoins en main d'œuvre nécessaires à la production d'un hectare de fourrage d'avoine a pris en compte les activités de préparation de la terre (15 jours), de semis et distribution de fertilisants (20 jours), de contrôle des mauvaises herbes (10 jours), d'irrigation (10 jours), de coupe des fourrages (30 jours) et de protection des parcelles (5 jours) réalisées par un éleveur pendant toute la durée des essais. Comme nous pouvons observer dans le Tableau 21, le coût de la main-d'œuvre correspond à environ 40% du total des coûts. De la même façon le coût des fertilisants (NPK, urée et fumier) est de l'ordre des 40% du total. Dans nos conditions expérimentales le coût des semences est faible (11%) par rapport au coût total. Même si le prix des semences importées augmente de 50% après la prise en compte des taxes d'importation et de commercialisation au Vietnam, le coût total par hectare d'avoine fourragère augmentera uniquement de 5% (8 930 000 *vs* 8 480 000 VND).

Comme nous avons observé dans la section III.5 (Essais d'alimentation *in vivo*), les éleveurs qui ne disposent pas d'avoine fourragère en hiver utilisent des quantités supérieures d'ensilage de maïs et d'aliments concentrés pour alimenter les animaux. Or le remplacement de faibles quantités de fourrage par des quantités supérieures d'aliments concentrés, ou même d'ensilage de maïs, est généralement moins efficace parce qu'au niveau énergétique, les concentrés (et l'ensilage de maïs) coûtent plus chers. C'est donc plus important de comparer les aliments sur une base énergétique et non sur une base de coût par kg frais ou par kg de matière sèche. Dans le Tableau 22, nous présentons les coûts moyens de l'aliment (kg MV et kg MS), de l'énergie (UFL) et de la protéine (PDI) des fourrages d'avoine, d'ensilage de maïs et d'aliments concentrés utilisés à Moc Chau.

Tableau 22. Coûts alimentaires, énergétiques et protéiques des aliments à Moc Chau

Aliment	Coûts (VND)/			
	Kg frais	Kg MS	Energie (UFL)	Protéine (kg PDI)
Fourrages d'avoine	148	912	1 140	8 216
Ensilage de maïs	500	2 618	4 363	50 342
Concentré commercial	4 000	4 706	4 482	44 818

Pour calculer le coût par kg des fourrages d'avoine nous avons utilisé la moyenne du potentiel productif observée chez les éleveurs lors des essais de moyenne dimension à Moc Chau (57,4 tonnes MV ; 9,3 tonnes MS). Comme nous observons dans le Tableau 22, le coût énergétique et protéique avec les fourrages d'avoine est beaucoup plus faible, et donc plus efficace, que les autres alternatives alimentaires utilisées par les éleveurs. Le coût énergétique et protéique avec l'utilisation d'avoine fourragère correspond en moyenne et respectivement à 26 et 17%, des coûts que l'éleveur paye en utilisant l'ensilage de maïs ou les aliments concentrés. Même si l'ensilage de maïs reste une solution alternative pour combler le déficit fourrager au Vietnam pendant la période hivernale, le coût économique d'utilisation de cette ressource fourragère est très élevé comparé à l'utilisation de fourrages d'avoine.

Même si nous considérons dans l'équation de calcul le prix de location de la terre pendant la période d'hiver pour la culture des fourrages d'avoine (estimé à 2 000 000 VND/ha), les coûts énergétiques et protéiques restent très faibles (1 409 et 10 153 VND, respectivement) par rapport aux autres ressources alimentaires disponibles. La production des fourrages d'avoine représente ainsi un véritable intérêt économique pour l'alimentation des vaches laitières au Vietnam.

IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les résultats des recherches réalisées au nord du Vietnam pendant ces cinq dernières années nous permettent d'affirmer que les espèces fourragères tempérées étudiées, notamment les deux espèces d'avoine *Avena sativa* et *Avena strigosa*, représentent d'un point de vue agronomique et alimentaire une solution très intéressante, capable de résoudre le déficit fourrager hivernal de cette région.

Nous avons mis au point un protocole technique pour la production fourragère d'avoine en hiver au nord du Vietnam. Il faut retenir que pour produire des espèces fourragères tempérées en hiver dans ces régions l'éleveur doit disposer : (1) d'une superficie suffisante, libre et dégagée d'autres cultures agricoles pendant la période d'hiver ; (2) d'un sol de bonne qualité (fertile) pouvant être irrigué en hiver ; (3) d'une certaine capacité d'investissement financier pour l'achat des graines et des fertilisants ; et (4) d'une main-d'œuvre suffisante pour les soins des cultures fourragères.

L'utilisation d'avoine fourragère permet à l'éleveur de produire des quantités considérables de fourrages verts pendant l'hiver, de l'ordre des 60 tonnes/ha en moyenne. Il pourra en même temps disposer de fourrages de très bonne qualité pour équilibrer la ration alimentaire de ses animaux pendant cette période. Nous avons démontré qu'une ingestion optimale (> 10 kg MS/vache/jour) de fourrage d'avoine permet de couvrir, en plus des besoins d'entretien des vaches, une part importante des besoins de la production laitière sans faire appel à l'utilisation d'aliments concentrés chers. Par ailleurs selon nos résultats d'alimentation *in vivo*, l'ingestion de seulement 2,0 kg MS/jour par les vaches laitières a permis une persistance de lactation tout à fait correcte et une production de lait plus soutenue pendant la période d'hiver.

D'un point de vue économique, nous avons mis en évidence que le coût d'une unité d'énergie et de protéine produite avec l'avoine fourragère est significativement plus faible comparé à l'aliment concentré ou à l'ensilage de maïs. Ceci permet de diminuer les dépenses liées à l'alimentation du cheptel et donc d'augmenter fortement les revenus des éleveurs laitiers. Pour ce qui est de l'adoption de cette technique fourragère, le nombre important d'éleveurs participant aux essais ainsi que les surfaces qu'ils ont cultivées représentent un bon indicateur de leurs possibilités d'appropriation de cette innovation. Enfin la production d'avoine fourragère en hiver est en pleine adéquation avec la politique du Vietnam de développement de l'élevage, notamment avec les initiatives mises en place par le MARD pour améliorer la production fourragère et les performances des animaux.

A ce stade il nous semble intéressant de présenter des idées d'actions de recherche qui pourraient être mises en place par la suite en vue d'augmenter et d'améliorer la production et l'utilisation des fourrages tempérés au Vietnam.

Premièrement, il sera très utile de caractériser les différents types de sols de chaque région de façon à sélectionner les meilleures localisations pour une production conséquente de fourrages tempérés. Actuellement une partie significative des surfaces agricoles au nord du Vietnam est disponible pendant l'hiver, ce qui la rend potentiellement utilisable pour la culture des fourrages d'avoine en contre saison. La production potentielle des espèces tempérées sur les surfaces occupées par les cultures fourragères tropicales pourrait aussi être évaluée en vue d'une optimisation de la gestion des espaces disponibles pour l'affouragement des animaux.

Deuxièmement, il nous paraît important de continuer les activités de recherche sur la production de graines localement afin de mieux maîtriser les spécificités du protocole technique à adopter et à vulgariser.

Troisièmement, les recherches devront se poursuivre pour tester et évaluer d'autres espèces fourragères tempérées disponibles pouvant être bien, ou si possible mieux, adaptées aux conditions agro climatiques de certaines régions du nord du Vietnam. Nous pouvons également tester certaines espèces tempérées de haute qualité nutritive dans les conditions climatiques d'été au Vietnam.

Les espèces d'avoine ne font pas encore partie de la liste officielle des plantes fourragères utilisées au Vietnam. Un des objectifs du présent rapport scientifique a été de présenter et de discuter les intérêts mais aussi les limites de l'innovation technique que représentent ces espèces fourragères. A ce stade nous recommandons leur intégration dans la liste officielle par les responsables politiques et les autorités concernées. En donnant aux entreprises vietnamiennes la possibilité d'importer des semences d'avoine à de fins commerciales on permettra aux éleveurs de disposer, chaque fois qu'utile ou nécessaire, de quantités plus importantes de semences pour agrandir leur surfaces agricoles dédiées aux cultures fourragères. Ceci représentera une sécurité pour les éleveurs étant entendu que, comme déjà mentionné, la production locale de semences fourragères continuera à être étudiée techniquement et économiquement pour qu'elle reste la première option pour les éleveurs.

V. REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport remercient tout d'abord les responsables du Ministère d'Agriculture et de Développement Rural du Vietnam, notamment M. Hoang Kim Giao, pour les autorisations d'importation de semences à fins de recherche et leurs accords pour la réalisation des essais fourragers. Aux responsables et vulgarisateurs agricoles des Départements d'Agriculture Provinciaux et des Comités Populaires des districts où les essais ont été réalisés, par leur appui logistique et d'accompagnement des essais fourragers.

Aux collègues de l'Institut de l'Elevage du Vietnam, notamment les directeurs de l'Institut, MM. Nguyen Dang Vang et Hoang Van Tieu, par leur confiance tout au long des activités de recherche, la responsable, Mme. Doãn Thị Khang, et les techniciens du laboratoire d'analyse d'aliments, par leur excellent travail d'analyse chimique des échantillons de fourrages et d'aliments.

Aux responsables de la compagnie laitière de Moc Chau, notamment MM. Tran Cong Chien et Pham Van Nhan, par leur confiance et bonnes conditions données à la réalisation d'une partie significative du travail de recherche. Nous tenons tout particulièrement à remercier M. Lê Huy Luât par son appui technique indispensable à la mise en place des essais fourragers à Moc Chau.

Aux éleveurs qui ont participé aux essais de moyenne dimension par leur motivation et intérêt dans la mise en place des expérimentations.

Aux nombreux étudiants stagiaires des Universités d'Agriculture Vietnamiennne et Française, notamment Annick Denis, Audrey Rousson, Florent Boulanger, Gaëlle Cordel, Jean-Ladislav Warter, Mai Thi Ha, Marine Legay, Nguyen Danh Vinh, Nguyen Duy Linh, Ta Trung Hung, et tout particulièrement Anne Desquesnes et Vu Quyet Thang par leur indispensable contribution à la mise en place et au suivi des essais fourragers et d'alimentation animal. Au doctorant, M. Tran Hiep par son appui dans le traitement statistique des données.

Aux responsables de la compagnie de graines Fertiprado (Portugal), notamment MM. David Crespo, João Paulo Crespo et Pedro Santos par leur appui dans le choix des espèces fourragères pour utiliser au Vietnam et par les fructueuses discussions sur les résultats obtenus.

Nous remercions également les collègues de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD, France), M. Didier Orange, de l'Institut de Sols et Fertilisants, M. Tran Duc Toan, de la Coopération Technique Belge, M. Raf Somers et Mme. Lien Terryn, et de l'ONG Helvetas (Suisse), M. Rudolf Luethi, par leur coopération dans la mise en place de projets de recherche et développement¹⁷, qui ont donné un appui financier essentiel à la mise en place des essais fourragers.

Nous remercions très particulièrement les assistantes du PCP PRISE¹⁸, Mme. Tran Thanh Tra et Mme. Nguyen Thi Thanh Hang, par leur remarquable travail d'interprétariat et de traduction qui a été essentiel tout au long de la réalisation des essais.

Ce travail a été soutenu et encouragé par les directeurs régionaux du CIRAD en Asie du Sud-est Continentale, MM. Gilles Mandret, Gabriel de Taffin et Jean-Charles Maillard et a été enrichi par de fructueuses discussions avec de nombreux chercheurs du CIRAD, et en particulier MM. Bernard Faye, Didier Richard, Gilles Mandret, Guy Roberge, Johann Huguenin et Philippe Lecomte. Nous les remercions vivement.

Enfin nous exprimons notre gratitude à l'Ambassade de France au Vietnam pour l'intérêt porté à ce travail de recherche et pour son soutien constant à nos activités.

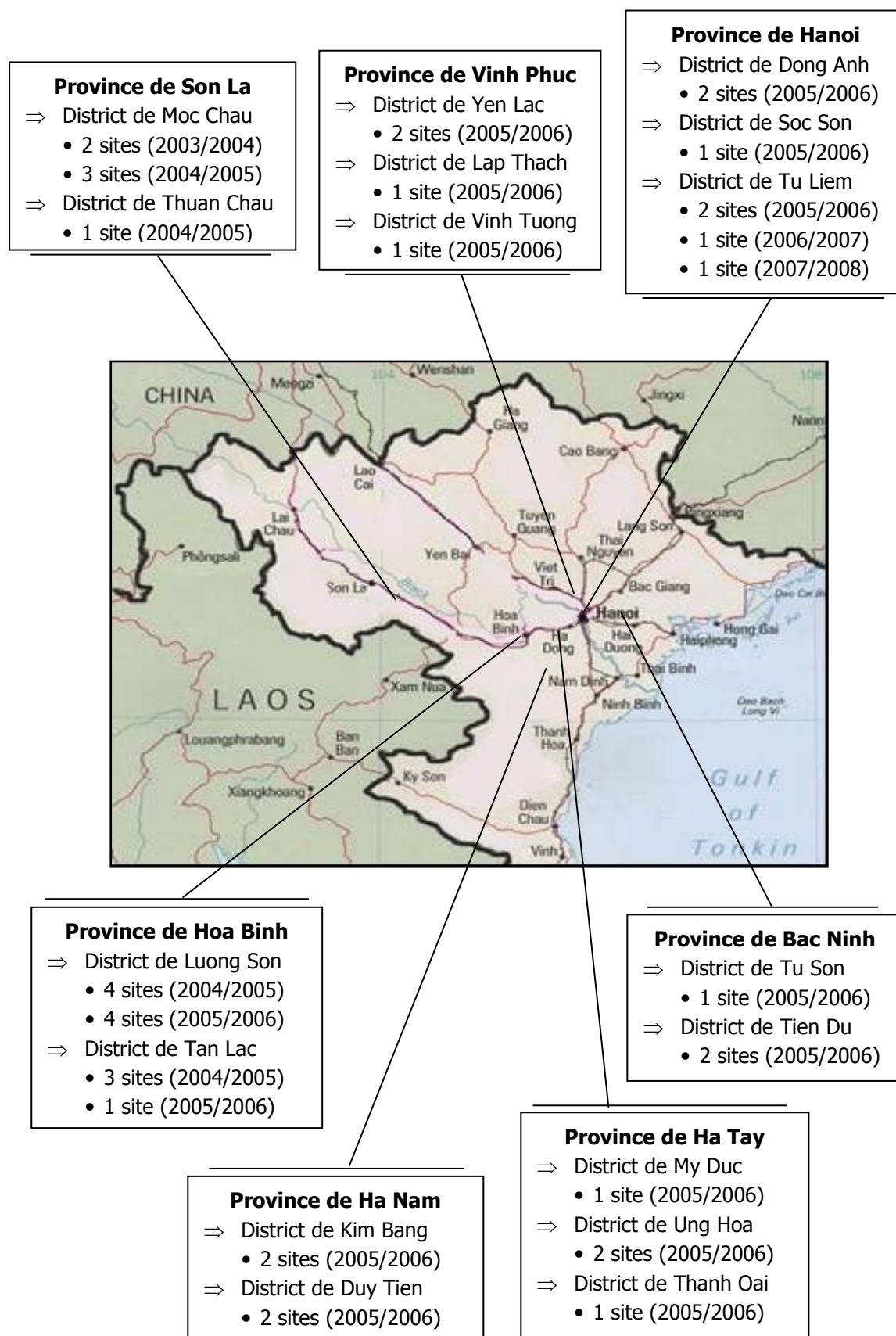
¹⁷ Projets DURAS, ETSP, TRANS ADD et VBDP

¹⁸ Pôle de Compétences en Partenariat – Pôle de Recherche sur les Risques liés à l'Intensification des Systèmes d'Elevage

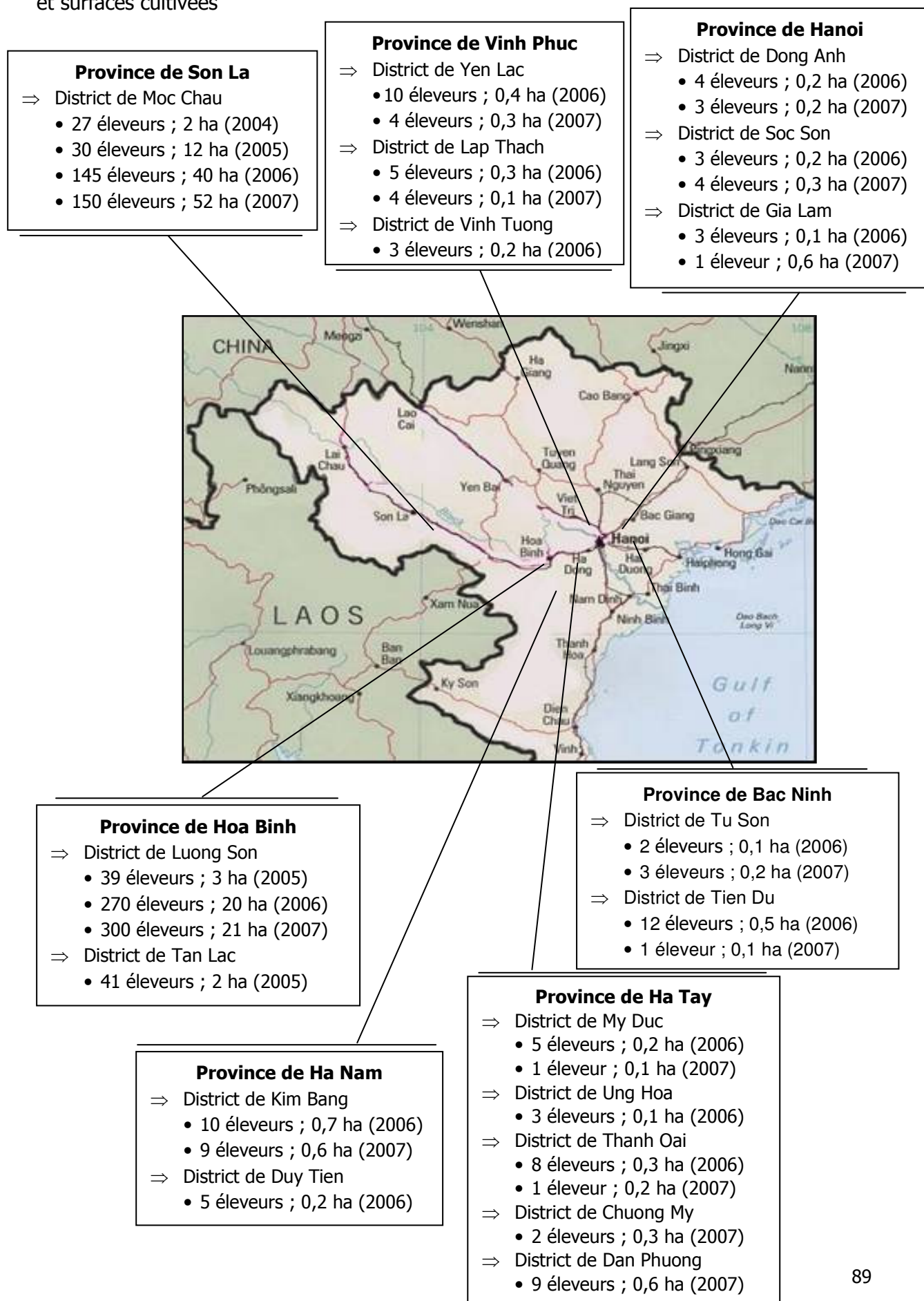
VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CONSULTEES

- Alimentation de la vache laitière, 3e édition. Roger Wolter. Editions France Agricole. ISBN 2-85557-035-2.
- Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoin des animaux – Valeurs des aliments. Tables INRA 2007. Editions Quæ. ISBN 978-2-7592-0020-7.
- Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA. ISBN 2-7380-0021-5.
- Alimentation du cheptel bovin au nord Vietnam. Besoins des animaux et valeur nutritive des aliments. NIAH. P. Pozy, D. Dehareng, Vu Chi Cuong.
- Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Christian Meyer et Jean-Pierre Denis. Edition Techniques. CIRAD. ISBN 2-87614-336-4.
- Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Ian Givens. CABI Publishing. ISBN 0-85199-344-3.
- Forage Husbandry. The tropical Agriculturalist. Wolfgang Bayer et Ann Waters-Bayer. CTA Edition. ISBN 0-333-66856-1.
- L'élevage bovin à la Réunion. Synthèse de quinze ans de recherche. Gilles Mandret. Editions Repères. ISBN 2-87614-374-7.
- La production laitière. Le technicien d'agriculture tropicale. Editions Maison-neuve et Larose. ISBN 2-7068-1238-9.
- Les vaches nous parlent d'alimentation, 2e édition. Bruno Giboudeau. Collection L'élevage autrement. ISBN 2-9515785-3-9.
- Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. Michael Freer, H. Freer. CSIRO Publishing. ISBN 0-64309-262-5.
- Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion. Robert Jarrige. Editions Quæ. ISBN 2-73800-629-9.
- Tropical Dairy Farming. Feeding Management for Small Holder Dairy Farmers in the Humid Tropics. John Moran. Land Links Press. ISBN 0-643-09123-8.
- Tropical Forage Plants Development and Use. Antonio Sotomayor-Rios, William Don Pitman. CRC Press. ISBN 0-84932-318-5.

Annexe 1. Distribution géographique et nombre de sites des essais en mini parcelles



Annexe 2. Distribution géographique des essais de moyenne dimension, nombre d'éleveurs et surfaces cultivées



Annexe 3. Fiche technique sur la production de l'avoine *strigosa* (outil d'information et de vulgarisation)

<p>Quelle quantité d'herbe peut-on obtenir avec 1 ha ?</p> <p>15 à 20 tonnes de l'herbe verte pour la première coupe</p> <p>10 à 15 tonnes de l'herbe verte pour les coupes suivantes (2ème, 3ème, 4ème)</p> <p>selon la qualité de la terre, du niveau d'investissement et des soins portés</p> <p>Comment est la qualité de l'herbe ?</p> <p>protéine : 16 – 20 % MS énergie élevée faible teneur en fibres</p> <p>Est-ce que la vache aime manger l'avoine ?</p>  <p>... délicieux !</p>	<p>Comment obtenir des graines d'Avoine ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • les éleveurs peuvent produire des graines à partir des surfaces cultivées • importer des graines à travers les organisations et les instituts de développement agricole  <p>Pour plus d'informations sur la culture de l'avoine, veuillez contacter M. Tran Van Thuy au bureau de PRISE à Tu Lems, Hanoi Téléphone : 04 757 05 21</p>	<p>Herbe de bonne productivité et d'excellente qualité en hiver</p> <h1>AVOINE</h1>  <p>Une solution pour alimenter les vaches laitières</p>
--	--	--

<p>Pourquoi il manque de l'herbe pour les vaches en hiver ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - les herbes tropicales ne poussent pas avec le froid - les herbes naturelles sont limitées et de faible qualité - les éleveurs ne font pas assez de réserves d'herbe pour l'hiver  <p>Comment solutionner le problème ?</p> <ul style="list-style-type: none"> - augmenter les réserves d'herbe : foin, ensilage, etc. - utiliser des sous-produits agricoles : drèches brasserie, mélasse, paille traitée, etc. - cultiver des herbes tempérées adaptées au froid <p>Qu'est ce que c'est l'Avoine ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • c'est une graminée tempérée qui produit pendant l'hiver • bonne croissance et excellente qualité • période de culture et d'utilisation de 6 mois 	<p>Quand et comment semer !</p> <p>Les mois favorables sont septembre et octobre (calendrier solaire)</p> <p>Utiliser différentes dates de semis pour une production étalée pendant l'hiver</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Préparer bien la terre: labourer, éliminer les mauvaises herbes et égaliser le terrain 2. Fertiliser: la quantité/1 ha fumier – 15 tonnes urée – 50 kg superphosphate – 250 kg potassium – 120 kg 3. Semer: 60 kg pour 1 ha en ligne (20 à 25 cm entre ligne) ou à la volée 4. Couvrir les graines: 2 à 3 cm de profondeur avec de la terre fine 5. Arroser le champs: pour humidifier correctement la terre <p>Important:</p> <ul style="list-style-type: none"> - arroser pendant les premiers 30 jours (1 fois tous les 2 jours) après le semis - enlever les mauvaises herbes - protéger les graines et les jeunes plantes de l'attaque des fourmis, poulets et autres animaux  	<p>Quand et comment récolter</p>  <p>la première coupe est faite 60 jours après le semis</p> <p>les coupes suivantes sont faites de 40 à 50 jours</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. couper les plantes en laissant 3 à 5 cm de hauteur:  <ol style="list-style-type: none"> 2. fertiliser avec l'urée après chaque récolte  <p>Quantité: 40 à 60 kg / 1 ha</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. arroser les herbes si le temps est sec
---	---	---

Annexe 4. Données individuelles des caractéristiques productives des vaches laitières de chaque groupe expérimental

Groupe	Vaches	Poids vif (Kg)	Potentiel de lactation (tonnes lait/lactation ¹⁹)	Nombre de lactations	Semaines de lactation
Avoine	1	530	5,5	2	12
	2	520	5,8	2	22
	3	450	5,1	2	20
	4	520	4,5	2	19
	5	730	5,4	3	15
	6	470	5,1	2	10
	7	490	4,8	2	17
	8	500	5,3	3	20
	9	631	5,7	5	11
	10	505	6,0	2	15
	11	505	4,6	4	22
	12	447	4,5	5	19
	13	582	5,6	6	20
	14	490	6,0	6	10
	15	447	5,6	5	15
	16	590	4,9	2	9
	17	483	5,8	5	17
	18	566	6,4	3	10
Control	1	520	5,4	3	13
	2	580	5,0	4	11
	3	490	5,0	3	15
	4	520	4,8	2	19
	5	700	6,1	6	16
	6	540	6,2	6	19
	7	560	5,5	4	15
	8	510	5,5	2	18
	9	520	5,0	2	17
	10	527	5,2	6	19
	11	500	5,8	5	10
	12	540	5,5	2	9
	13	500	5,5	2	13
	14	540	6,1	5	10
	15	520	5,2	6	18
	16	500	5,4	4	12

¹⁹ Données de la lactation précédente

Annexe 5. Données sur la composition des rations alimentaires au début de la période expérimentale (kg/jour)

Groupe	Vaches	FOURRAGES VERTS						FOURRAGES CONSERVES		CONCENTRE			SOUS-PRODUITS	
		Avoine	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Setaria sphacelata</i>	Feuilles de colza	Herbes naturelles	Ensilage de maïs	Foin ²⁰	Moc Chau	Charoen Pokphand	Fermier	Manioc	Mélasse
Avoine	1	12,0	10,0	30,0	-	-	-	-	-	13,0	-	-	-	-
	2	12,0	10,0	30,0	-	-	-	-	-	13,0	-	-	-	-
	3	30,0	-	15,0	-	-	-	-	-	8,0	-	-	-	-
	4	25,0	5,0	15,0	-	-	-	-	2,0	-	7,0	-	2,0	-
	5	10,0	-	15,0	-	8,0	-	-	3,0	-	5,0	5,0	-	-
	6	10,0	-	15,0	-	8,0	-	-	3,0	-	4,5	4,5	-	-
	7	10,0	-	15,0	-	8,0	-	-	3,0	-	4,0	4,0	-	-
	8	10,0	-	15,0	-	8,0	-	-	3,0	-	4,0	4,0	-	-
	9	15,0	-	18,0	-	-	-	-	3,0	9,0	-	-	-	-
	10	15,0	-	18,0	-	-	-	-	3,0	8,0	-	-	-	-
	11	-	-	20,0	-	-	-	15,0	1,5	4,0	-	2,0	-	-
	12	-	-	20,0	-	-	-	15,0	1,5	3,8	-	1,2	-	-
	13	-	15,0	30,0	-	-	-	-	5,0	-	-	8,0	-	-
	14	-	15,0	30,0	-	-	-	-	5,0	-	-	10,0	5,0	-
	15	30,0	5,0	20,0	-	-	-	-	-	9,0	-	-	5,0	-
	16	30,0	5,0	20,0	-	-	-	-	-	8,0	-	-	-	-
	17	25,0	10,0	10,0	-	-	-	-	3,0	10,0	-	-	-	-
	18	25,0	10,0	10,0	-	-	-	-	-	14,0	-	-	-	-
Control	1	-	-	20,0	-	-	30,0	-	12,0	5,0	5,0	-	5,0	-
	2	-	-	10,0	-	30,0	-	-	-	10,0	-	-	3,0	-
	3	-	-	10,0	-	30,0	-	-	-	10,0	-	-	3,0	-
	4	-	-	10,0	-	30,0	-	-	-	10,0	-	-	3,0	-
	5	-	10,0	5,0	-	-	-	30,0	-	12,0	-	-	8,0	-
	6	-	40,0	-	-	-	-	-	10,0	8,0	-	-	5,0	-
	7	-	40,0	-	-	-	-	-	10,0	10,0	-	-	5,0	-
	8	-	-	20,0	-	-	-	-	-	5,0	-	5,0	-	-
	9	-	-	-	-	10,0	30,0	-	-	6,0	-	-	3,0	-
	10	-	10,0	30,0	-	-	-	-	10,0	2,0	-	5,0	-	0,2
	11	-	-	20,0	-	-	10,0	10,0	5,0	9,0	-	-	-	-
	12	-	10,0	30,0	-	-	-	-	2,0	-	-	10,0	7,0	-
	13	-	25,0	10,0	-	-	-	-	5,0	9,0	-	-	-	-
	14	-	25,0	10,0	-	-	-	-	5,0	9,0	-	-	-	-
	15	-	-	15,0	-	-	2,0	12,0	3,0	-	-	10,0	4,0	0,5
	16	-	-	15,0	-	-	2,0	12,0	3,0	-	-	10,0	4,0	0,5

²⁰ Foin de *Brachiaria decumbens*

Annexe 6. Production fourragère et de graines et valeur nutritive des espèces tempérées et mélanges fourragers lors des premiers essais en mini parcelles (2003/2004)

		Production fourragère		Production de graines (kg/ha)	Valeur nutritive	
		Nombre de coupes	Quantité de Matière Verte (ton/ha)		Protéine (PDI)	Energie (UFL)
<i>Avena strigosa</i>		4,5	30,5	2 371	93	0,83
<i>Avena sativa</i>		5,0	50,0	275	99	0,92
<i>Festuca arundinacea</i>		2,5	11,9	0	103	0,86
<i>Hordeum vulgare</i>		2,5	21,4	982	98	0,86
<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Libonus</i>	3,5	30,8	89	107	0,87
	<i>Lifloria</i>	4,0	19,3	111	103	0,89
	<i>Pollanun</i>	4,0	24,3	730	103	0,83
<i>Triticum durum</i>		1,5	9,8	185	76	0,72
Triticale	code 7	2,0	9,8	1 626	87	0,70
	code 22	2,5	14,1	3 118	93	0,76
<i>Medicago sativa</i>		4,0	7,0	(ND)	128	0,90
AVEX		5,0	33,4	(ND)	97	0,84
FERTIFENO		3,5	29,8	(ND)	106	0,85
SPEED-MIX	Nord	4,0	25,3	(ND)	101	0,88
	Sud	3,5	27,8	(ND)	106	0,89

ND – Non déterminée

Annexe 7. Données sur la composition des rations alimentaires pendant la période expérimentale (kg/jour)

Groupe	Vaches	FOURRAGES VERTS						FOURRAGES CONSERVES		CONCENTRE			SOUS-PRODUITS	
		Avoine	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Setaria sphacelata</i>	Feuilles de colza	Herbes naturelles	Ensilage de maïs	Foin ²¹	Moc Chau	Charoen Pokphand	Fermier	Manioc	Mélasse
Avoine	1	11,4	6,2	8,9	-	9,2	-	15,7	8,8	13,0	-	-	2,9	-
	2	12,2	1,6	1,6	-	-	-	12,5	9,6	8,0	-	-	-	0,3
	3	8,5	12,3	6,6	-	-	0,9	2,0	3,7	-	4,2	0,9	5,5	-
	4	8,7	6,0	5,4	-	-	-	10,2	7,3	-	7,6	0,0	0,0	-
	5	8,4	4,1	5,5	1,6	4,8	-	2,8	5,6	-	4,7	4,3	3,9	-
	6	8,9	4,0	5,8	1,6	4,6	-	2,8	5,3	-	4,6	4,2	3,6	-
	7	7,8	3,7	5,1	1,6	4,6	-	2,8	5,6	-	4,1	4,0	3,9	-
	8	7,7	3,8	5,4	1,5	4,5	-	2,8	5,4	-	4,1	4,0	3,9	-
	9	13,3	0,9	2,8	-	2,1	-	10,5	4,8	-	4,3	4,3	5,0	-
	10	14,8	0,8	2,9	-	3,2	-	9,7	4,6	-	4,9	4,4	5,1	-
	11	3,2	3,1	1,7	-	-	4,0	10,4	8,0	-	2,6	2,3	5,8	0,1
	12	4,1	3,4	1,5	-	-	4,1	10,2	8,0	-	2,6	2,3	5,9	0,1
	13	5,4	-	1,7	-	15,2	-	19,8	5,5	-	-	8,0	5,0	0,3
	14	5,7	-	2,0	-	14,9	-	19,7	5,4	-	-	8,8	5,3	0,3
	15	10,1	4,1	3,3	-	-	-	16,6	10,0	7,5	-	-	3,2	0,4
	16	9,2	4,0	3,3	-	-	-	15,9	9,7	6,0	-	-	3,1	0,4
	17	7,1	2,3	9,3	-	-	-	12,5	5,1	6,3	6,4	-	1,2	0,2
	18	8,8	3,2	11,3	-	-	-	12,2	5,6	7,6	6,6	-	1,8	0,2
Control	1	-	1,8	3,3	0,1	9,2	1,0	25,7	5,9	8,1	5,0	-	4,8	-
	2	-	2,2	3,1	-	12,2	-	18,9	4,3	0,9	10,0	-	6,2	0,3
	3	-	2,3	3,3	-	12,3	-	18,9	4,3	0,8	9,3	-	6,3	0,3
	4	-	2,1	3,0	-	12,0	-	18,5	4,3	0,8	9,4	-	5,8	0,3
	5	-	4,1	2,6	-	-	-	28,7	4,0	9,8	-	-	6,2	0,3
	6	-	4,3	4,9	-	6,2	-	17,2	5,4	9,3	-	-	4,4	0,3
	7	-	4,6	5,3	-	6,8	-	17,2	5,7	7,7	-	-	4,6	0,3
	8	-	0,9	1,2	-	1,1	1,3	36,7	0,4	2,5	4,1	4,1	4,7	-
	9	-	7,1	-	-	14,6	-	18,0	8,3	3,9	1,9	0,3	5,2	0,3
	10	-	-	-	-	2,5	-	29,6	13,0	0,3	-	4,7	5,1	0,4
	11	-	5,4	5,5	-	8,5	-	15,1	5,0	7,6	-	0,0	4,5	0,3
	12	-	2,9	9,0	-	-	-	6,9	5,9	0,0	-	9,1	6,1	-
	13	-	4,2	5,9	2,8	-	-	3,6	7,1	9,3	-	-	3,1	-
	14	-	3,9	5,2	2,9	-	-	3,4	9,4	9,5	-	-	3,0	-
	15	-	4,2	5,7	-	-	0,6	17,2	7,7	-	-	8,8	4,4	0,3
	16	-	4,1	5,5	-	-	0,6	16,8	7,1	-	-	9,9	5,2	0,3

²¹ Foin de *Brachiaria decumbens*

Annexe 8. Prix des aliments à Moc Chau et calcul du coût des rations expérimentales

		FOURRAGES VERTS		FOURRAGES CONSERVES		CONCENTRE			SOUS-PRODUITS		TOTAL
		Avoine	Tropicaux + Colza	Ensilage de maïs	Foin ²²	Moc Chau	Charoen Pokphand	Fermier	Manioc	Mélasse	
Prix (VND/Kg)		Minimum	120	181	478	1 300	3 700	4 000	4 200	1 700	5 000
		Maximum	176	225	500	1 500	4 000	4 100	4 600	1 900	5 200
		Moyen	148	203	489	1 400	3 850	4 050	4 400	1 800	5 100
Groupe	Consommation (Kg/vache/jour)	8,6	12,6	10,5	6,6	3,2	2,7	2,6	3,6	0,1	
Avoine	Coût (VND/vache/jour)	1 273	2 558	5 135	9 240	12 320	10 935	11 440	6 480	510	59 891
Groupe	Consommation (Kg/vache/jour)	-	13,3	18,3	6,1	4,4	2,5	2,3	5,0	0,2	
Control	Coût (VND/vache/jour)	-	2 700	8 949	8 540	16 940	10 125	10 120	9 000	1 020	67 394

²² Foin de *Brachiaria decumbens*